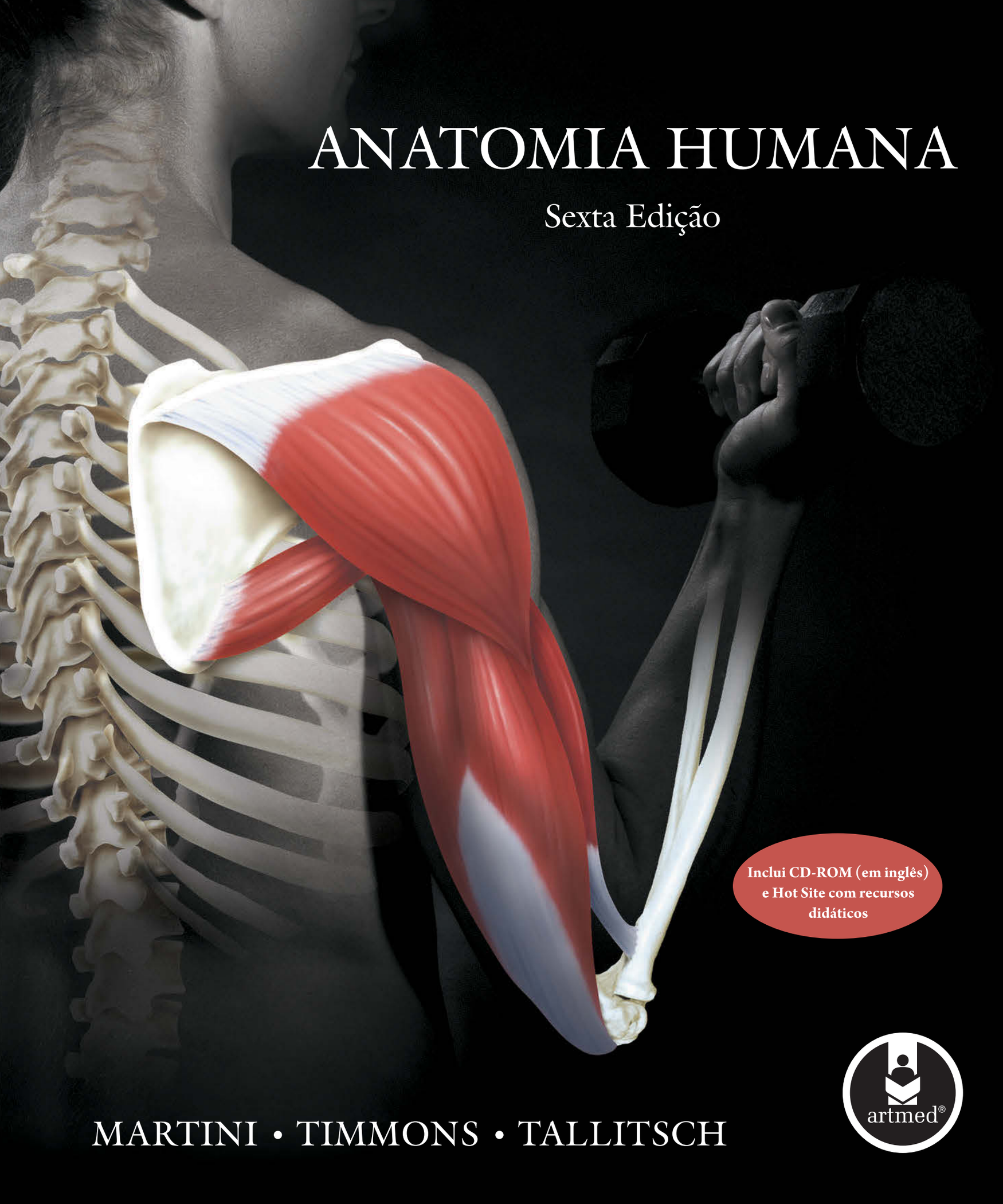


ANATOMIA HUMANA

Sexta Edição

Inclui CD-ROM (em inglês) e Hot Site com recursos didáticos

MARTINI • TIMMONS • TALLITSCH

artmed®

Tradução:

Daniella Franco Curcio
Fonoaudióloga. Mestre e Doutora em Ciências: Morfologia pela Universidade Federal de São Paulo-Escola Paulista de Medicina (UNIFESP-EPM).

Revisão técnica:

Alexandre Augusto Pinto Cardoso (notas clínicas e casos clínicos dos capítulos)
Médico. Mestre em Ciências: Morfologia pela UNIFESP-EPM. Professor assistente da disciplina de Anatomia Descritiva e Topográfica do Departamento de Morfologia e Genética da UNIFESP-EPM. Cirurgião no Hospital da Aeronáutica de São Paulo.

Daniella Franco Curcio (capítulo 24)
Fonoaudióloga. Mestre e Doutora em Ciências: Morfologia pela Universidade Federal de São Paulo-Escola Paulista de Medicina (UNIFESP-EPM).

Eduardo Cotecchia Ribeiro (introdução, capítulos 1 a 3, 12, 24, 25, 28 e parte final do livro)
Biomédico e biólogo. Professor associado da disciplina de Anatomia Descritiva e Topográfica do Departamento de Morfologia e Genética da UNIFESP-EPM. Mestre em Anatomia e Doutor em Ciências: Morfologia pela UNIFESP-EPM.

Geraldo José Medeiros Fernandes (capítulos 13 a 18)
Médico. Mestre em Anatomia e Doutor em Ciências: Morfologia pela UNIFESP-EPM. Professor adjunto da disciplina de Anatomia Humana da Universidade Federal de Alfenas, MG.

Luís Garcia Alonso (capítulos 4, 19, 26 e 27)
Médico. Mestre e Doutor em Ciências: Genética pela UNIFESP-EPM. Professor adjunto da disciplina de Anatomia Descritiva e Topográfica do Departamento de Morfologia e Genética da UNIFESP-EPM.

Magno César Vieira (capítulos 20 a 23)
Biólogo. Mestre em Anatomia pela UNIFESP-EPM. Professor assistente da disciplina de Anatomia Descritiva e Topográfica do Departamento de Morfologia e Genética da UNIFESP-EPM. Professor de Anatomia Humana na Universidade do Oeste Paulista e na Universidade de Taubaté, SP.

Marcelo Cavenaghi Pereira da Silva (capítulos 5 a 8)
Dentista. Mestre e Doutor em Ciências Morfofuncionais pela Universidade de São Paulo (USP). Professor adjunto da disciplina de Anatomia Descritiva e Topográfica do Departamento de Morfologia e Genética da UNIFESP-EPM.

Rafael Saviolo Moreira (capítulos 9 a 11)
Dentista. Mestre e Doutor em Ciências: Morfologia pela UNIFESP-EPM. Professor de Anatomia Humana na Universidade do Vale do Itajaí, SC.

FREDERIC H. MARTINI, PH.D.
University of Hawaii

MICHAEL J. TIMMONS, M.S.
Moraine Valley Community College

ROBERT B. TALLITSCH, PH.D.
Augustana College

com a colaboração de

William C. Ober, M.D.

Claire W. Garrison, R.N.

Kathleen Welch, M.D.

Ralph T. Hutchings

ANATOMIA HUMANA

Sexta Edição

Consultoria e coordenação geral da tradução e da revisão técnica desta edição:

Eduardo Cotecchia Ribeiro

Biomédico e biólogo. Professor associado da disciplina de Anatomia Descritiva e Topográfica do Departamento de Morfologia e Genética da UNIFESP-EPM. Mestre em Anatomia e Doutor em Ciências: Morfologia pela UNIFESP-EPM.

Versão impressa
desta obra: 2009

artmed®

2009

Obra originalmente publicada sob o título *Human Anatomy*, 6th Edition
ISBN 9780321500427

Authorized translation from the English language edition, entitled HUMAN ANATOMY, 6th Edition by FREDERIC MARTINI; MICHAEL TIMMONS; ROBERT TALLITSCH, published by Pearson Education, Inc, publishing as Benjamin Cummings, Copyright © 2009. All rights reserved. No part of this book may be reproduced or transmitted in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying, recording or by any information storage retrieval system, without permission from Pearson Education, Inc.

PORTUGUESE language edition published by ARTMED EDITORA S.A., Copyright © 2009.

Tradução autorizada a partir do original em língua inglesa da obra intitulada HUMAN ANATOMY, 6ª Edição de autoria de FREDERIC MARTINI; MICHAEL TIMMONS; ROBERT TALLITSCH, publicado por Pearson Education, Inc., sob o selo Benjamin Cummings, Copyright (c) 2009. Todos os direitos reservados. Este livro não poderá ser reproduzido nem em parte nem na íntegra, nem ter partes ou sua íntegra armazenado em qualquer meio, seja mecânico ou eletrônico, inclusive fotorreprografação, sem permissão da Pearson Education, Inc.

A edição em língua portuguesa desta obra é publicada por Artmed Editora S.A., Copyright © 2009.

Capa: *Mário Röhnelt*

Leitura final: *Heloísa Stefan*

Supervisão editorial: *Letícia Bispo de Lima*

Editoração eletrônica: *Techbooks*

M386a Martini, Frederic H.
Anatomia humana [recurso eletrônico] / Frederic H. Martini, Michael J. Timmons, Robert B. Tallitsch ; tradução Daniella Franco Curcio. – 6. ed. – Dados eletrônicos. – Porto Alegre : Artmed, 2009.

Editado também como livro impresso em 2009.
ISBN 978-85-363-2029-8

1. Anatomia humana. I. Timmons, Michael J. II. Tallitsch, Robert B. III. Título.

CDU 611

Catalogação na publicação: Renata de Souza Borges CRB-10/1922

CÓPIA NÃO AUTORIZADA É CRIME
ABDR
ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE DIREITOS REPROGRÁFICOS
RESPEITE O DIREITO AUTORAL

Reservados todos os direitos de publicação, em língua portuguesa, à
ARTMED® EDITORA S.A.
Av. Jerônimo de Ornelas, 670 - Santana
90040-340 Porto Alegre RS
Fone (51) 3027-7000 Fax (51) 3027-7070

É proibida a duplicação ou reprodução deste volume, no todo ou em parte,
sob quaisquer formas ou por quaisquer meios (eletrônico, mecânico, gravação,
fotocópia, distribuição na Web e outros), sem permissão expressa da Editora.

SÃO PAULO
Av. Angélica, 1091 - Higienópolis
01227-100 São Paulo SP
Fone (11) 3665-1100 Fax (11) 3667-1333

SAC 0800 703-3444

IMPRESSO NO BRASIL
PRINTED IN BRAZIL

Equipe de texto e ilustrações

Frederic Martini
Autor

Dr. Martini obteve seu Ph.D. em anatomia comparativa e funcional pela Cornell University para trabalhar na fisiopatologia do estresse. Suas publicações incluem artigos em periódicos, capítulos de livros, relatórios técnicos e artigos em revistas. Também é co-autor de seis outros livros para estudantes de anatomia e fisiologia ou anatomia. Atualmente, é docente afiliado da University of Hawaii e atua junto ao Shoals Marine Laboratory, joint venture entre a Cornell University e a University of New Hampshire. Dr. Martini é agora Presidente Emérito da Human Anatomy and Physiology Society, já tendo sido Presidente eleito, Presidente e Ex-Presidente entre 2004 a 2007. Também é membro da American Physiological Society, da American Association of Anatomists, da Society for Integrative and Comparative Biology, da Australia/New Zealand Association of Clinical Anatomists e da International Society of Vertebrate Morphologists.

Michael J. Timmons
Autor

Michael J. Timmons formou-se na Loyola University, Chicago. Por mais de três décadas, dedicou-se especialmente ao ensino de estudantes de enfermagem e de cursos pré-profissionalizantes na Moraine Valley Community College. De 2005 a 2006, professor Timmons recebeu o Prêmio Professor da Moraine Valley College e o Prêmio Excellence do National Institute for Staff e Organizational Development por suas importantes contribuições para o ensino, a liderança e o aprendizado dos alunos. Recebeu o Prêmio Excellence in Teaching do Conselho de Administração da Illinois Community College. Professor Timmons é autor de vários manuais de laboratório de anatomia e fisiologia e guias de dissecação. Suas áreas de interesse incluem fotografia biomédica, programas de criação de ilustrações e desenvolvimento de sistemas de aprendizado com tecnologia educacional. Foi presidente da Midwest Regional Human Anatomy e Physiology Conference, sendo também representante nacional e regional na League for Innovation Conferences on Information Technology for Colleges and Universities e dos encontros da Human Anatomy and Physiology Society.

Robert B. Tallitsch
Autor

Dr. Tallitsch obteve seu Ph.D. em fisiologia complementado por anatomia na University of Wisconsin-Madison aos 24 anos. Desde então, faz parte do corpo docente de biologia na Augustana College em Rock Island, Illinois. Suas áreas de ensino incluem anatomia humana, neuroanatomia, histologia e cinesiologia. É membro do corpo docente de Estudos Asiáticos da Augustana College, sendo responsável pelo curso de Medicina Chinesa Tradicional. Durante sete dos últimos nove anos, Dr. Tallitsch foi indicado como um dos "professores não-oficiais do ano" pelos formandos da Augustana College. Membro da American Physiological Society, American Association of Anatomists, AsiaNetwork e Human Anatomy and Physiology Society, e além de suas atividades educacionais na Augustana College, Dr. Tallitsch foi docente visitante na Foreign Languages Faculty at the Beijing University of Chinese Medicine and Pharmacology (Pequim, RPC) e da Foreign Languages Faculty at Central China Normal University (Wuhan, RPC).

William C. Ober
Coordenador de arte e ilustrador

O Dr. William C. Ober formou-se na Washington and Lee University e fez doutorado na University of Virginia. Enquanto estava na faculdade de medicina, também estudou no Departamento de Arte Aplicada à Medicina na Johns Hopkins University. Depois da formatura, fez residência em Medicina de Família e, mais tarde, fez parte do corpo docente da University of Virginia, no Departamento de Medicina de Família. Atualmente, é professor afiliado de biologia na Washington and Lee University e faz parte do Corpo Docente Efetivo do Shoals Marine Laboratory, onde ensina ilustração em biologia durante o verão. Os livros ilustrados por Medical & Scientific Illustration receberam numerosos prêmios de *design* e ilustração.

Claire W. Garrison
Ilustradora

Claire W. Garrison, R.N., B.A., especializou-se em enfermagem pediátrica e obstétrica antes de se tornar ilustradora médica em tempo integral. Voltou a estudar na Mary Baldwin College, onde se formou com distinção em Artes. Depois de cinco anos de treinamento, tem trabalhado como parceira do Dr. Ober na Medical & Scientific Illustration desde 1986. Faz parte do Corpo Docente Efetivo do Shoals Marine Laboratory e é co-professora do curso de Ilustração em biologia.

Kathleen Welch

Consultora clínica

A Dra. Welch fez doutorado em medicina na University of Washington, em Seattle, e residência em Medicina de Família na University of North Carolina, em Chapel Hill. Durante dois anos, foi diretora de Maternal e Child Health no LBJ Tropical Medical Center na Samoa Americana e, a seguir, foi membro do Departamento de Medicina de Família na Kaiser Permanente Clinic, em Lahaina, Havaí. Trabalha em seu consultório desde 1987. É pesquisadora da American Academy of Family Practice e membro da Hawaii Medical Association e da Human Anatomy and Physiology Society. Ela e o Dr. Martini foram co-autores de um livro de anatomia e fisiologia e do *A & F applications manual*, que constitui um complemento da 8ª edição de *Fundamentals of anatomy & physiology.*

Ralph T. Hutchings

Fotógrafo biomédico

Hutchings foi associado do The Royal College of Surgeons of England por 20 anos. Engenheiro de profissão, concentrou-se durante anos em fotografar a estrutura do corpo humano. O resultado foi uma série de atlas coloridos, inclusive *Color atlas of human anatomy, Color atlas of surface anatomy* e *The human skeleton* (todos publicados por Mosby-Yearbook Publishing). Por suas fotografias anatômicas do corpo humano, a International Photographers Association escolheu Hutchings como o melhor fotógrafo de seres humanos do século XX. Ele vive em North London, onde tenta conciliar as exigências de seus compromissos como fotógrafo e seu passatempo de automóveis e aviões antigos.

Agradecimentos

Gostaríamos de agradecer aos muitos leitores, revisores, entrevistados em pesquisa e membros de grupos focais cujos comentários, recomendações e sabedoria coletiva foram utilizados como base para esta nova edição. Sua paixão pelo assunto, sua preocupação com a correção e o método de apresentação e sua experiência com alunos com uma ampla gama de talentos e antecedentes fizeram com que o processo de revisão fosse interessante e educativo.

Revisores

Frank Baker, Golden West College
Gillian Bice, Michigan State University
William Brothers, San Diego Mesa College
Jett Chinn, College of Marin
Cynthia Herbrandson, Kellogg Community College
Kelly Johnson, University of Kansas
Philip Osborne, San Diego City College
Heather Roberts, Sierra College
Dean J. Scherer, Oklahoma State University
Judith L. Schotland, Boston University
Elena Stark, Santa Monica College
Edward Williams, Minnesota State University
Sally Wilson, Marshalltown Community College
David Woodman, University of Nebraska
Scott D. Zimmerman, Missouri State University
John M. Zook, Ohio University
Joan Ellen Zuckerman, Long Beach City College

Revisores técnicos

Wendy Lackey, Michigan State University
Alan D. Magid, Duke University School of Medicine
Larry A. Reichard, Metropolitan Community College
Mark Seifert, Indiana University-Purdue University Indianapolis
Lance Wilson, Triton College
Michele Zimmerman, Indiana University Southeast

O talento criativo aportado a este projeto por nossa equipe de artistas, William Ober, M.D., e Claire Garrison, R.N., é muito inspirador e valioso. Bill e Claire trabalharam em grande proximidade e incansavelmente conosco, transmitindo uma unidade de visão ao livro, ao mesmo tempo em que elaboravam cada ilustração com nitidez e beleza. Seu programa de arte soberbo é aprimorado pelas incomparáveis fotografias de ossos e cadáveres de Ralph T. Hutchings, anteriormente membro do The Royal College of Surgeons of England e co-autor do livro de grande vendagem *Color atlas of human anatomy*, da McMinn. Além disso, o Dr. Pietro Motta, professor de anatomia da Universidade de Roma, La Sapienza, forneceu diversas imagens excelentes de microscopia eletrônica de varredura (MEV) para serem utilizadas no texto.

Fazemos um agradecimento especial a Delia Hamidzada, P.A., e a Elizabeth Wilson, R.N., por auxiliarem Mike Timmons com a organização das partes do original e da revisão.

Somos profundamente gratos à equipe da Benjamin Cummings, cujos esforços foram vitais para a criação desta edição. Fazemos um agradecimento especial à equipe editorial da Benjamin Cummings, principalmente a Leslie Berriman, editora executiva, por sua dedicação ao sucesso deste projeto; a Katy German, editora de projeto, por seu gerenciamento do texto e seus componentes; e a Robin Pille, editora Associada, e a Kelly Reed, assistente editorial, por seu trabalho com os suplementos. Agradecemos a Sarah Young-Dualan, produtora de mídia, a Aimee Pavy, produtora de mídia, e a Suzanne Rassmussen, produtora associada de mídia, por seu trabalho com todos os programas de mídia* que dão suporte a *Anatomia humana.* Agradecemos ainda a Caroline Ayres, supervisora de produção, por sua mão firme na supervisão deste texto complexo, e a Norine Strang, Angie Hamilton, Mark Wyngarden e Laura Davis pelas funções desempenhadas na produção do texto. Temos em alta consideração a arte e o *design* fenomenais de Mark Ong, gerente de *design,* e de Blake Kim, desenvolvedor de arte. Somos muito gratos a Linda Davis, presidente, Frank Ruggirello, diretor editorial, e Lauren Fogel, diretora de desenvolvimento de mídia, por seu entusiasmo e apoio constante neste projeto. Agradecemos às contribuições de Gordon Lee, gerente de *Marketing*, que mantém seu dedo na pulsação do mercado e nos ajuda a satisfazer as necessidades de nossos usuários, e à notável e incansável representante de vendas, Pearson Science.

Agradecemos, também, as contribuições de todas as pessoas mencionadas que levaram este texto a receber os seguintes prêmios: Prêmio da Association of Medical Illustrators, Prêmio The Text and Academic Authors, Prêmio da New York International Book Fair e o 35th Annual Bookbuilders West Book Show.

Por fim, queremos agradecer a nossas famílias por seu amor e apoio durante o processo de revisão. Não teríamos conseguido isso sem a ajuda de nossas esposas – Kitty, Judy e Mary – e sem a paciência de nossos filhos – P.K., Molly, Kelly, Patrick, Katie, Ryan, Molly e Steven.

Não existem três pessoas como nós que pretendam produzir um livro dessa magnitude e complexidade sem defeitos. Qualquer erro ou omissão são estritamente nossos, e não dos revisores, artistas ou editores. Na tentativa de melhorar as futuras edições, solicitamos que os leitores com informação pertinente, sugestões ou comentários referentes à organização ou ao conteúdo deste livro enviem suas observações diretamente para nós, pelo e-mail abaixo, ou aos cuidados do Editor, Applied Sciences, Benjamin Cummings, 1301 Sansome Street, San Francisco, CA 94111.

Frederic H. Martini, Haiku, HI
Michael J. Timmons, Orland Park, IL
Robert B. Tallitsch, Rock Island, IL
(RobertTallitsch@augustana.edu)

* Além do CD-ROM (em inglês) com práticas de laboratório em anatomia e o *Atlas do corpo humano*, anexos ao livro, especialmente desenvolvidos para os estudantes, estão disponíveis para professores, em www.artmed.com.br, Área do Professor, todas as figuras do livro em powerpoint (em português), além de diversos recursos didáticos. Conheça também o Hot Site exclusivo: www.artmed.com.br/colecaomartini.

Página propositalmente deixada em branco

Apresentação à edição brasileira

Trabalho com a Artmed Editora há muitos anos, e já tive a oportunidade e o prazer de participar em algumas ocasiões como tradutor – mas principalmente como coordenador geral e revisor técnico – em diversas obras de anatomia. Posso afirmar, portanto, que conheço bem a competência e o profissionalismo desta Editora.

Em 2007, fui novamente contatado pela Artmed, que perguntou se eu teria interesse e possibilidade de coordenar a tradução e a revisão técnica de um livro-texto de anatomia e de um atlas, ambos do mesmo autor, Martini. Na ocasião, foram destacados o fato de o livro-texto tratar-se de uma obra de grande penetração e importância no meio acadêmico dos Estados Unidos e o desejo de repetir esse êxito também no Brasil. O atlas foi selecionado para acompanhar a obra principal, pois o objetivo era oferecer ao leitor uma fonte de consulta bastante completa. Para isso, havia a necessidade de um trabalho sério e criterioso de tradução e revisão técnica subseqüente.

Analisei a obra, conversei com colegas que poderiam ajudar na tarefa, e aceitei a proposta, pois, além de me sentir honrado com a confiança depositada, gosto muito desse *hobby* que adquiri de tradutor/revisor, tarefas para as quais me empenho ao máximo.

Após quase um ano de intenso trabalho e dedicação do grupo – e aproveito para agradecer e parabenizar, com carinho e amizade, pelo excelente desempenho de todos –, os livros "saíram do forno": apesar de suspeito, afirmo que ambos (texto e atlas) são ótimos!

O livro-texto *Anatomia humana*, 6ª edição, está dividido por sistemas (anatomia sistêmica, descritiva), sendo simples e didático, com tabelas sucintas; notas clínicas e casos clínicos aplicados e estimuladores do estudo de relação, que é a base essencial para todo estudante e profissional na área de saúde; há ainda figuras, desenhos, fotos, fotomicrografias, eletromicrografias e imagens radiológicas, em tomografia computadorizada e em ressonância magnética, que ilustram, enriquecem e garantem a relação visual. Somam-se a esses aspectos a correspondente revisão de conceitos e as questões a serem respondidas, ao final de cada capítulo, e, como apêndice, um rico Resumo de Embriologia, para facilitar a compreensão do corpo adulto.

Um aspecto especial a salientar é o fato de que alguns termos utilizados no livro foram mantidos entre aspas e/ou parênteses pelos seguintes motivos:

1. são de uso comum entre os profissionais da área de saúde, porém não constam da Terminologia Anatômica em português (2001);
2. são termos que constam da Terminologia Anatômica original, em latim, mas que não foram traduzidos na edição em língua portuguesa;
3. alguns revisores mantiveram os termos referidos acima em itálico, e não entre aspas ou parênteses.

O *Atlas do corpo humano* é fotográfico, simples, porém suficiente. Agrada pela beleza das fotos naturais, com o diferencial didático de relacionar diretamente o órgão ou parte do corpo com a imagem (raio X, tomografia computadorizada ou ressonância magnética) correspondente.

Anatomia humana e *Atlas do corpo humano* têm tudo para agradar e, o mais importante para mim, suprir as necessidades dos estudantes e profissionais na área de saúde que desejam aprender, rever e se aprofundar no conhecimento da beleza anatômica do corpo humano.

Prof. Dr. Eduardo Cotecchia Ribeiro
Biomédico e biólogo. Professor associado da disciplina de Anatomia Descritiva e Topográfica do Departamento de Morfologia e Genética da UNIFESP-EPM. Mestre em Anatomia e Doutor em Ciências: Morfologia pela UNIFESP-EPM.

Página propositalmente deixada em branco

Prefácio

Bem-vindos à 6ª edição de *Anatomia humana*! Ao prepararem esta edição, os autores e ilustradores concentraram-se em duas questões:

1) Como aprimorar o projeto gráfico a fim de ampliar a compreensão e o interesse dos estudantes?

Para aumentar a *compreensão dos estudantes*, foi dada atenção especial aos tópicos mais difíceis da anatomia humana e às áreas identificadas pelos estudantes e revisores que utilizaram as edições anteriores. Algumas alterações são grandes, outras são pequenas, mas todas refletem a deliberação diligente baseada na experiência dos autores nas salas de aula. Para aumentar o *interesse dos estudantes,* o conteúdo clínico foi ampliado em todos os capítulos, acrescentando-se, também, novos estudos de casos clínicos ao término de cada sistema corporal.

2) Como aperfeiçoar – em termos de ensino e aprendizagem – o melhor conjunto de ilustrações de um livro-texto sobre anatomia?

Este livro sempre foi conhecido por seu estilo distintivo de atlas em função da insuperável apresentação visual de conceitos anatômicos. Na 6ª edição, as cores das ilustrações estão mais saturadas para atrair mais a atenção do estudante, e o contraste entre as cores foi ampliado para delinear e distinguir as estruturas com mais clareza, à guisa de facilitar o ensino e a aprendizagem.

Como nas edições anteriores, o texto e as ilustrações estão totalmente integrados para proporcionar um sistema completo de aprendizagem. As ilustrações são mais do que um auxílio ocasional para a narrativa; elas estão associadas ao texto para levar as informações e ajudar os alunos a compreenderem estruturas e relações de um modo que distingue este livro de anatomia humana de todos os outros.

Estas primeiras páginas no Prefácio descrevem revisões de texto e arte globais e específicas dos capítulos. A explicação visual que se segue apresenta as características-chave do livro-texto e do material de apoio disponível.

Revisões globais

Revisões de texto

A 6ª edição de *Anatomia humana* introduz **Casos clínicos** ao término de cada sistema corporal. Eles aparecem no final dos Capítulos 4 (Tegumento comum), 8 (O sistema esquelético), 11 (O sistema muscular), 18 (O sistema nervoso), 19 (O sistema endócrino), 22 (O sistema circulatório), 23 (O sistema linfático), 24 (O sistema respiratório), 25 (O sistema digestório), 26 (O sistema urinário) e 27 (O sistema genital). O objetivo da anatomia não é a memorização automática, mas, sim, a compreensão. Esses Casos clínicos destinam-se a mostrar como os vários tópicos abordados no livro estão estreitamente ligados e integrados. Nem todo estudante de anatomia pretende tornar-se um profissional de saúde. Contudo, esperamos que esses Casos clínicos mostrem aos estudantes como cada sistema do organismo interage e tem um papel importante na apresentação de sinais e sintomas de uma doença. Essa interação entre os sistemas possibilita que o médico reúna diversos indícios que levarão ao diagnóstico correto do paciente. Um dos elementos centrais que contribuem para o sucesso de um médico é o entendimento pleno dos conceitos anatômicos básicos. É nossa intenção que o estilo e o conteúdo dos Casos clínicos ajudem os estudantes a *aprenderem* os conceitos anatômicos apresentados, e não simplesmente memorizarem fatos isolados sem entender suas inter-relações.

Aumentamos o número de **Notas clínicas** nos capítulos. Essas Notas apresentam material clínico relativo ao conteúdo anatômico de cada capítulo.

Quisemos aprimorar a apresentação dos **Resumos de embriologia** das edições anteriores. Para criar uma apresentação mais integrada, eles foram transferidos para dois capítulos importantes do livro, aparecendo no final do Capítulo 3 (Tecidos e embriologia) e no Capítulo 28 (Embriologia e desenvolvimento humano).

A 6ª edição de *Anatomia humana* continua a incorporar a terminologia sancionada pela Federação Internacional de Associações de Anatomistas, publicada na *Terminologia Anatomica (TA)* de 1998. Sempre que possível, usamos os termos da TA e os internacionalmente reconhecidos e apoiados pela American Association of Anatomists e por outras organizações profissionais, em detrimento dos mais antigos, em geral idiossincráticos. A histologia e a citologia, como subespecialidades da anatomia, não tinham uma terminologia consensual. Em 2007, o Federative International Committee on Anatomical Terminology publicou a *Terminologia Histologica: International Terms for Human Cytology e Histology (TH).* Incorporamos essa nova terminologia histológica em toda a 6ª edição de *Anatomia humana.*

Revisões de arte

O projeto gráfico de arte da 6ª edição de *Anatomia humana* passou por uma revisão considerável. Cada figura foi avaliada quanto à qualidade de apresentação visual do material anatômico nos capítulos. Cerca de 85% das figuras desta edição são novas ou foram alteradas.

As tintas da paleta têm cores novas e mais vibrantes, e maior dimensionalidade (p. ex., Figuras 2.3, 2.15, 5.7, 9.9, 13.5, 13.8, 13.12, 14.1, 14.8, 14.13, 14.14 e 14.17).

Muitas inovações foram continuadas e expandidas na 6ª edição. Você reconhecerá as **Figuras lado a lado** e as **Figuras macro para micro**, que são marcas distintivas deste livro. As **Figuras passo a passo** facilitam a compreensão dos processos anatômicos seqüenciais e, assim, aumentam o aprendizado dos alunos (p. ex., Figuras 5.5 e 5.11). As áreas de detalhe em muitas figuras foram revisadas para melhorar a clareza. Além disso, quadros e faixas foram empregados para organizar melhor muitas figuras (p. ex., Figuras 9.5, 25.1 e 26.6). As transparências sobrepostas aos traços nas fotos de anatomia de superfície foram ampliadas na 6ª edição (p. ex., Figuras 10.10, 11.2, 11.3, 11.5, 11.7, 14.10, 14.11b,c, 15.26, 15.28, 15.29, 15.30, 21.6, 21.9, 23.4 e 23.10) para dar aos estudantes uma idéia mais precisa de onde as estruturas estão localizadas no interior do corpo humano. A informação advinda de dissecações superficiais e profundas é de mais fácil compreensão em decorrência do novo estilo dos cabeçalhos, que foi incorporado a muitas das figuras (p. ex., Figura 23.14b).

Revisões capítulo por capítulo

Revisões específicas capítulo por capítulo, com exemplos selecionados, incluem:

Capítulo 1 (Introdução à anatomia)
- Doze ilustrações neste capítulo são novas ou foram substancialmente alteradas.
- As mudanças de terminologia foram feitas de acordo com a TA.

Capítulo 2 (A célula)
- Quinze ilustrações neste capítulo são novas ou foram extensamente revisadas.
- As mudanças de terminologia foram feitas de acordo com a TA e a TH.
- A ordem de apresentação de determinado material foi reorganizada para facilitar o aprendizado do aluno.

Capítulo 3 (Tecidos e embriologia)
- Doze ilustrações deste capítulo são novas ou foram substancialmente revisadas.
- As mudanças de terminologia foram feitas de acordo com a TA e a TH.
- A ordem de apresentação de determinado material foi reorganizada para facilitar o aprendizado do aluno.
- Novo material foi acrescentado para atualizar o capítulo, de acordo com a pesquisa histológica vigente.
- Os Resumos de embriologia que apareciam de maneira intermitente em todos os capítulos das edições anteriores de *Anatomia humana* foram agrupados neste capítulo e no Capítulo 28, proporcionando aos estudantes uma discussão mais integrada da embriologia e do desenvolvimento humano.

Capítulo 4 (Tegumento comum)
- Doze ilustrações neste capítulo são novas ou foram substancialmente revisadas.
- As mudanças de terminologia foram feitas de acordo com a TA e a TH.
- Novo material foi adicionado à discussão da epiderme, e o material existente foi revisado para facilitar a compreensão.

Capítulo 5 (O sistema esquelético: tecido ósseo e estrutura do esqueleto)
- Doze ilustrações deste capítulo são novas ou foram substancialmente revisadas.
- Novo material foi acrescentado à discussão sobre remodelamento e reparação óssea, e o material existente foi revisado para facilitar a compreensão.
- Novo material foi acrescentado à discussão das células do osso, de modo a corresponder à terminologia e à pesquisa histológica atual.

Capítulo 6 (O sistema esquelético: esqueleto axial)
- Doze ilustrações deste capítulo são novas ou foram substancialmente revisadas.
- Novo material foi acrescentado à discussão dos ossos do crânio, de modo a corresponder à terminologia e à pesquisa anatômica atual.
- Novo material foi acrescentado, e o material existente foi esclarecido nas discussões das regiões vertebrais.

Capítulo 7 (O sistema esquelético: esqueleto apendicular)
- Cinco ilustrações neste capítulo são novas ou foram substancialmente revisadas.
- Novo material foi acrescentado, e o material existente foi esclarecido nas discussões sobre clavícula, escápula, úmero, cíngulo do membro inferior, patela, tíbia e arcos do pé.

Capítulo 8 (O sistema esquelético: articulações)
- Onze ilustrações neste capítulo são novas ou foram substancialmente revisadas.
- Uma revisão extensa deste capítulo foi realizada, com novo material acrescentado e material existente esclarecido em quase todas as suas seções.

Capítulo 9 (O sistema muscular: tecido muscular estriado esquelético e organização muscular)
- Onze ilustrações neste capítulo são novas ou foram substancialmente revisadas.
- Uma nova seção, chamada "Alavancas e polias: um sistema projetado para o movimento", foi adicionada a este capítulo. Esta seção proporciona exemplos de polias anatômicas e salienta a função dessas estruturas e como elas ampliam o funcionamento dos músculos esqueléticos.

Capítulo 10 (O sistema muscular: musculatura axial)
- Onze ilustrações neste capítulo são novas ou foram substancialmente revisadas.
- As seções denominadas "Músculos da coluna vertebral" e "Músculos do períneo e do diafragma da pelve" foram atualizadas e esclarecidas.

Capítulo 11 (O sistema muscular: musculatura apendicular)
- Dezessete ilustrações neste capítulo são novas ou foram substancialmente revisadas.
- Uma nova seção, chamada "Fatores que afetam a função da musculatura apendicular", foi adicionada a este capítulo. Ela ajuda os estudantes a trabalharem pelo processo da *compreensão* das ações dos músculos esqueléticos em uma articulação. Ela também explica o conceito da *linha de ação de um músculo* e como os estudantes, uma vez que determinam a linha de ação, podem aplicar três regras simples para determinar a ação de um músculo naquela articulação.

Capítulo 12 (Anatomia de superfície e anatomia seccional transversa)
- Sete novas imagens de corte transversal do Visible Human Project (ampliado posteriormente) foram adicionadas ao capítulo. As novas imagens auxiliarão os estudantes a desenvolverem o entendimento tridimensional dos conceitos anatômicos.

Capítulo 13 (O sistema nervoso: tecido nervoso)
- Oito ilustrações neste capítulo são novas ou foram substancialmente revisadas.
- As seções denominadas "Neuróglia do SNC" e "Comunicação sináptica" foram atualizadas de modo a corresponderem aos achados de pesquisas atuais nesse campo.

Capítulo 14 (O sistema nervoso: a medula espinal e os nervos espinais)
- Doze ilustrações neste capítulo são novas ou foram substancialmente revisadas.
- A discussão sobre as meninges da medula espinal foi expandida.
- A discussão sobre a anatomia seccional da medula espinal foi expandida, com ênfase na revisão da seção "Organização da substância cinzenta".
- A seção "Nervos espinais" foi reescrita para facilitar o aprendizado e a compreensão do estudante.
- As seções "Plexo braquial" e "Plexos lombar e sacral" foram reescritas para facilitar a compreensão.

Capítulo 15 (O sistema nervoso: o encéfalo e os nervos cranianos)
- Vinte ilustrações neste capítulo são novas ou foram substancialmente revisadas.
- Todas as seções deste capítulo foram revistas, parcial ou totalmente, para facilitar a compreensão.

Capítulo 16 (O sistema nervoso: vias e funções superiores)
- Sete ilustrações neste capítulo são novas ou foram substancialmente revisadas.
- Todas as suas seções foram revisadas, parcial ou totalmente, para facilitar a compreensão.

Capítulo 17 (O sistema nervoso: sistema nervoso autônomo)
- Onze ilustrações neste capítulo são novas ou foram substancialmente revisadas.
- Todas as seções deste capítulo foram revisadas, parcial ou totalmente, para facilitar a compreensão.

Capítulo 18 (O sistema nervoso: sentidos gerais e especiais)
- Vinte e três ilustrações neste capítulo são novas ou foram substancialmente revisadas.
- Todas as seções deste capítulo foram revisadas, parcial ou totalmente, para facilitar a compreensão.

Capítulo 19 (O sistema endócrino)
- Onze ilustrações neste capítulo são novas ou foram substancialmente revisadas.
- Todas as seções deste capítulo foram revisadas, parcial ou totalmente, para facilitar a compreensão.

Capítulo 20 (O sistema circulatório: sangue)
- Seis ilustrações neste capítulo são novas ou foram substancialmente revisadas.
- Todas as seções deste capítulo foram atualizadas de modo a corresponder à pesquisa atual nesse campo.

Capítulo 21 (O sistema circulatório: o coração)
- Sete ilustrações neste capítulo são novas ou foram substancialmente revisadas.
- As seções "Discos intercalados", "Orientação e anatomia superficial do coração" e "Vasos sangüíneos coronarianos" foram reescritas de maneira a refletir os novos achados de pesquisas nesse campo e para facilitar a compreensão.

Capítulo 22 (O sistema circulatório: vasos e circulação)
- Vinte ilustrações neste capítulo são novas ou foram substancialmente revisadas.
- Todas as seções deste capítulo foram atualizadas de modo a corresponder aos achados das pesquisas recentes nesse campo.
- Todas as seções deste capítulo são novas ou foram substancialmente revisadas.

Capítulo 23 (O sistema linfático)
- Quinze ilustrações neste capítulo são novas ou foram substancialmente revisadas.
- Todas as seções deste capítulo foram atualizadas de modo a corresponder aos achados das pesquisas recentes nesse campo.
- Todas as seções deste capítulo foram revisadas, parcial ou totalmente, para facilitar a compreensão.

Capítulo 24 (O sistema respiratório)
- Treze ilustrações neste capítulo são novas ou foram substancialmente revisadas.
- Revisões foram feitas para refletir as informações histológicas atuais no sistema respiratório.
- Todas as seções deste capítulo foram revisadas, parcial ou totalmente, para facilitar a compreensão.

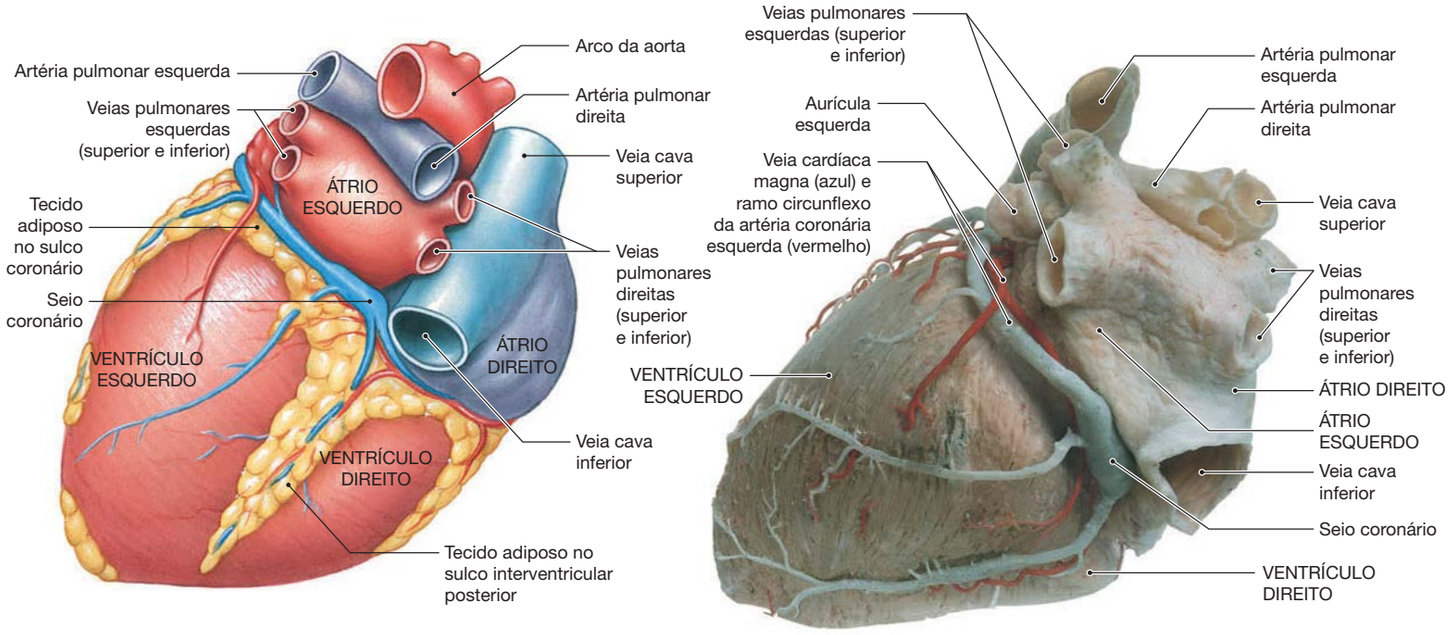
Capítulo 25 (O sistema digestório)
- Vinte e uma ilustrações neste capítulo são novas ou foram substancialmente revisadas.
- Revisões foram feitas para refletir as informações histológicas atuais nos vários órgãos do sistema digestório.
- Todas as seções deste capítulo foram revisadas, parcial ou totalmente, para facilitar a compreensão.

Capítulo 26 (O sistema urinário)
- Seis ilustrações neste capítulo são novas ou foram substancialmente revisadas.
- Revisões foram feitas para refletir as informações histológicas atuais nos vários órgãos do sistema urinário.
- Todas as seções deste capítulo foram revisadas, parcial ou totalmente, para facilitar a compreensão.

Capítulo 27 (O sistema genital)
- Dezessete ilustrações neste capítulo são novas ou foram substancialmente revisadas.
- Revisões foram feitas para refletir as informações histológicas atuais dos vários órgãos do sistema genital [reprodutor] masculino e feminino.
- Todas as seções deste capítulo foram revisadas, parcial ou totalmente, para facilitar a compreensão.

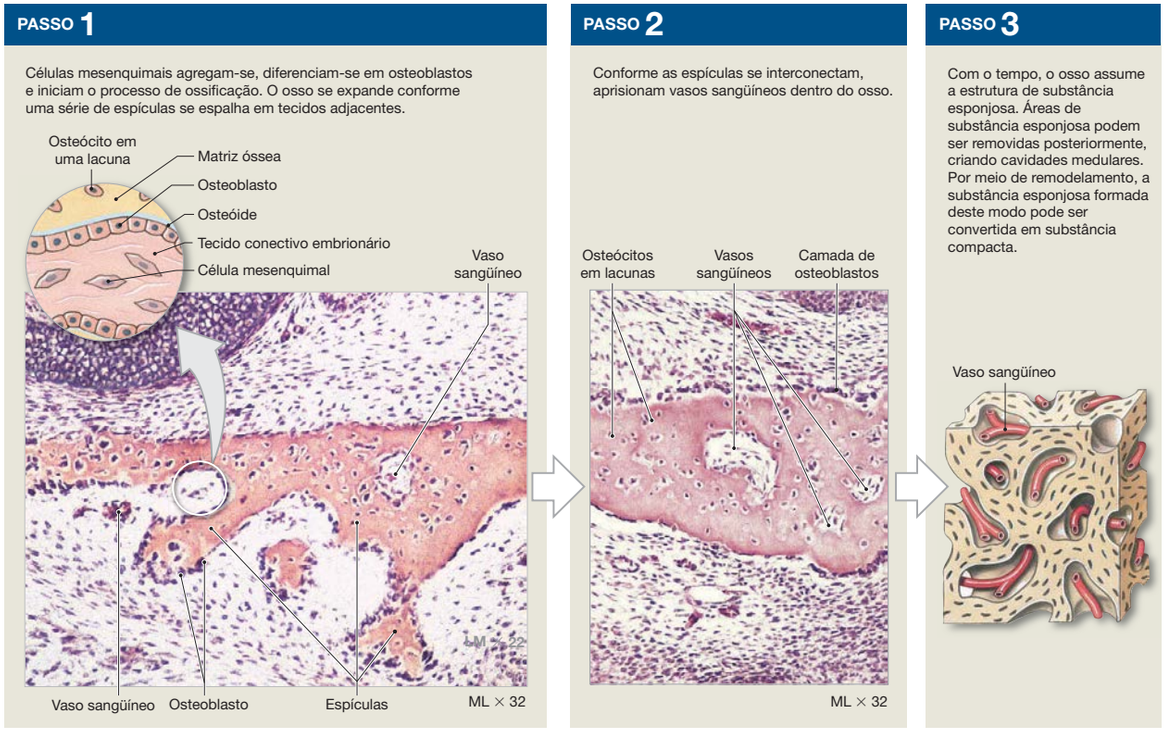
Capítulo 28 (O sistema genital: embriologia e desenvolvimento humano)
- Todos os Resumos de embriologia deste capítulo foram substancialmente revisados.
- Os Resumos de embriologia que apareciam intermitentemente nos capítulos das edições anteriores de *Anatomia humana* foram reunidos neste capítulo e no Capítulo 3, proporcionando aos estudantes uma discussão mais integrada da embriologia e do desenvolvimento humano.

Página propositalmente deixada em branco



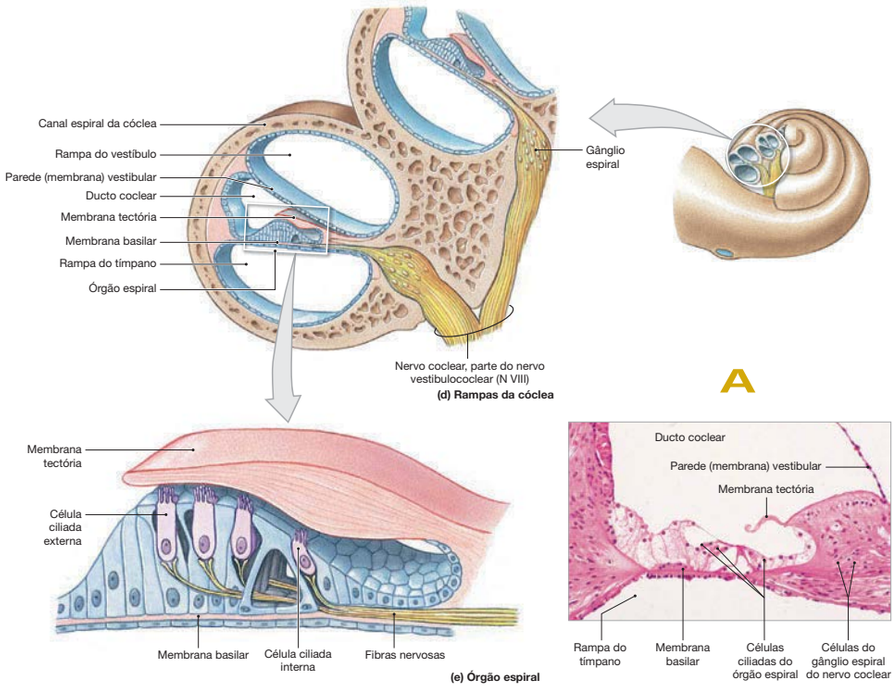
Figuras "lado a lado"

Diversas vistas da mesma estrutura ou tecido permitem que os estudantes comparem a arte de um ilustrador com uma foto da estrutura ou tecido reais, como seriam vistos no laboratório ou na sala de cirurgia.



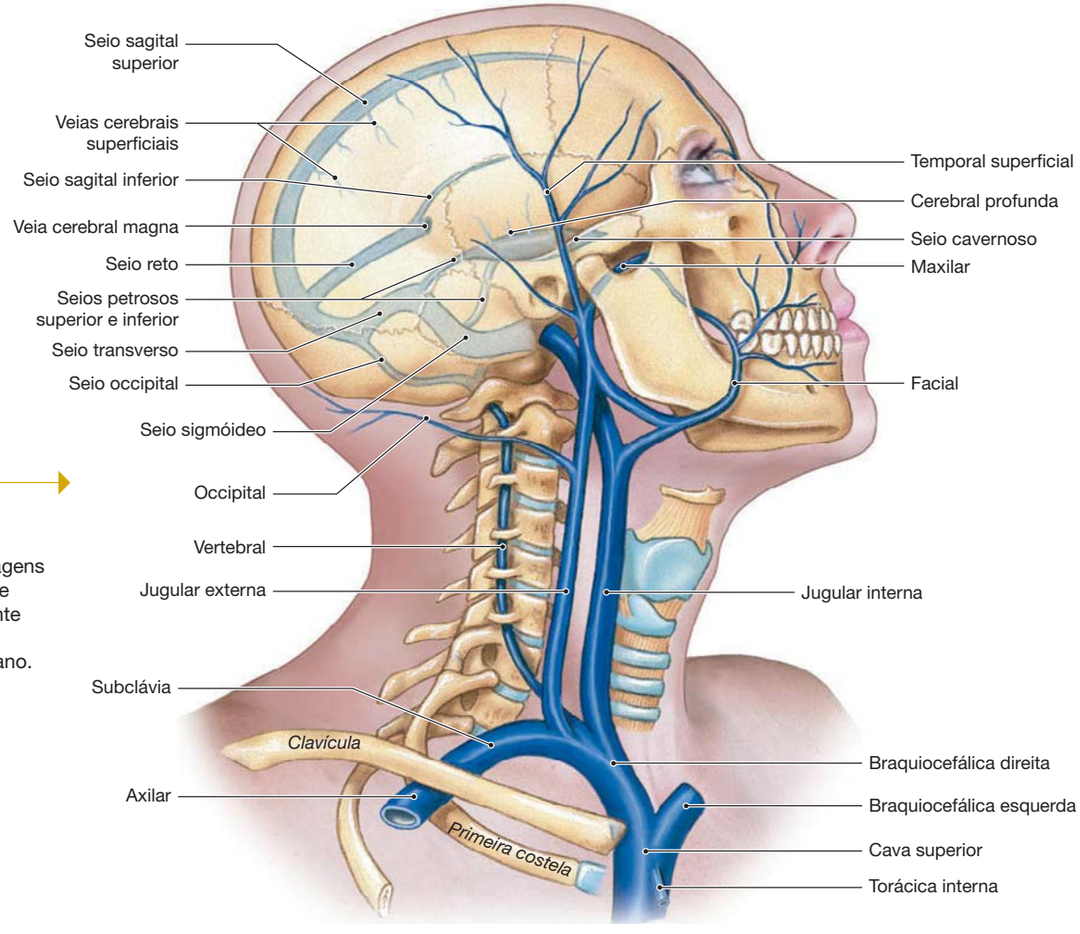
Figuras "passo a passo"

Estas figuras decompõem processos multifacetados em ilustrações numeradas passo a passo que são coordenadas com a narração descritiva do autor.



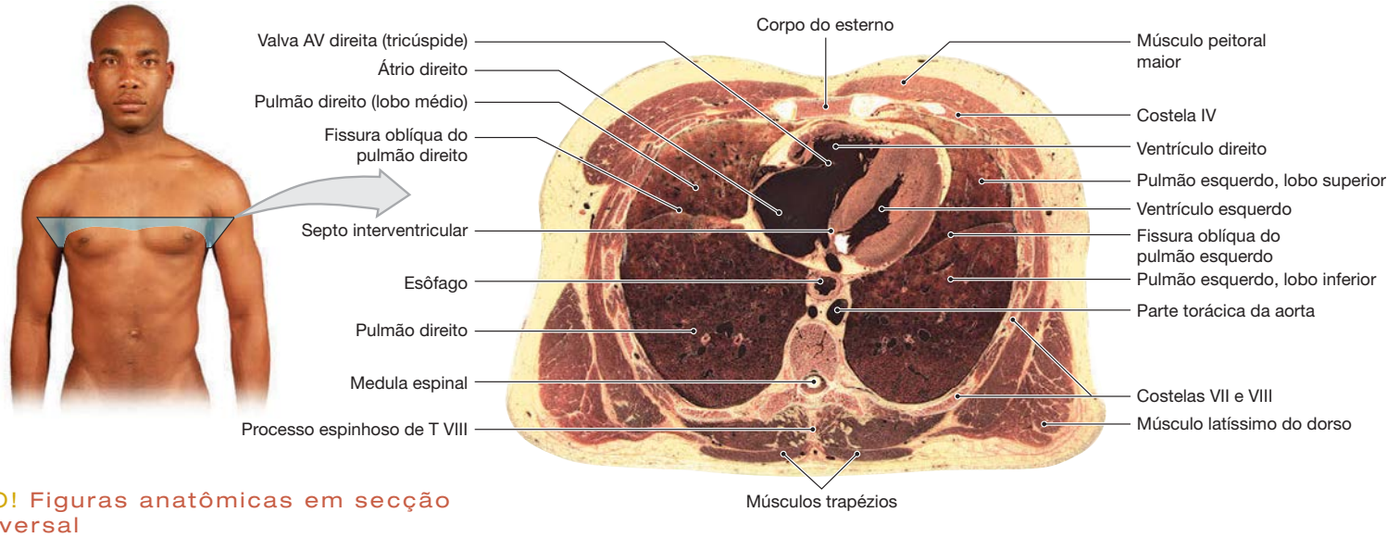
Figuras "macro para micro"

Estas figuras ajudam os alunos a preencherem a lacuna entre as estruturas familiares e as desconhecidas por meio do seqüenciamento anatômico das vistas de órgãos inteiros ou outras estruturas até suas menores partes.



"Figuras de ilustração sobre foto"

Este método de apresentação de imagens traz profundidade, dimensionalidade e interesse visual para a página e garante que as estruturas ilustradas tenham tamanho proporcional ao corpo humano.

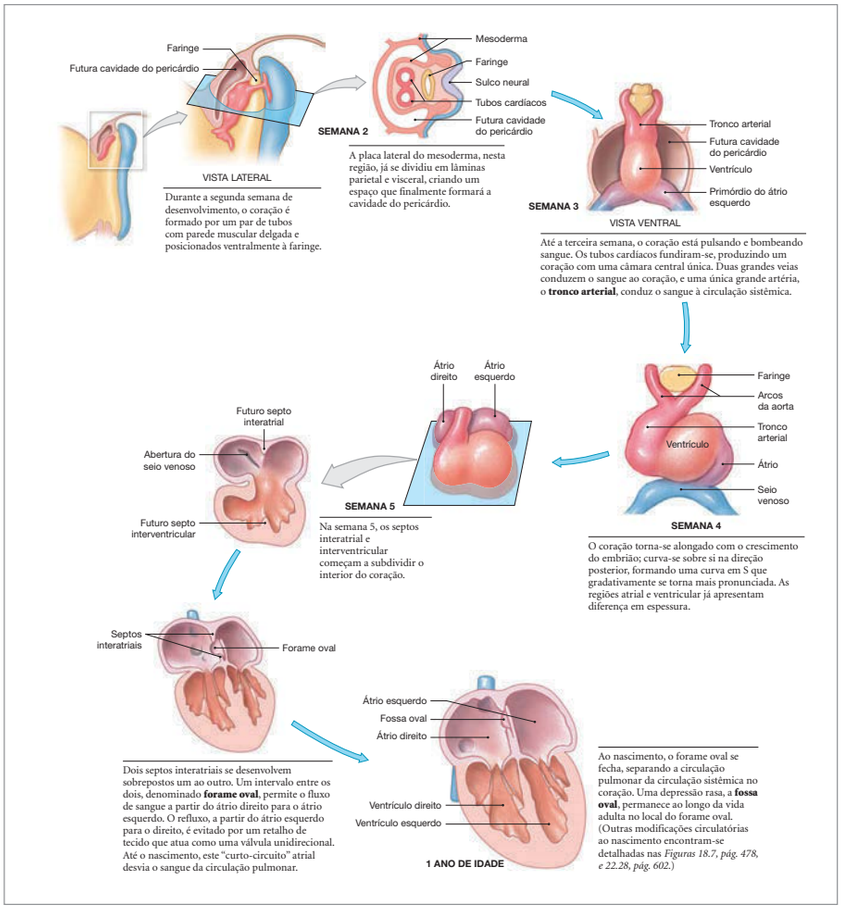


NOVO! Figuras anatômicas em secção transversal

O Capítulo 12, expandido, agora com o nome "Anatomia de superfície e anatomia seccional transversa", inclui sete novas imagens em secção transversal, depois ampliadas, do Visible Human Project, para dar aos estudantes uma outra perspectiva do corpo humano.

Figuras do Resumo de embriologia

Enfatizando os estágios de desenvolvimento de órgãos, estruturas e sistemas importantes, os Resumos de embriologia, que antes apareciam junto de cada sistema corporal em todo o livro, foram consolidados em duas seções substanciais no Capítulo 3 e no Capítulo 28.



Caso clínico

POR QUE NÃO CONSIGO MAIS MANTER O MESMO RITMO?

Joana é uma professora universitária de 35 anos. Esportista, é corredora de resistência, perfazendo habitualmente distâncias de 64 a 75 km por semana. Sempre exerceu esta atividade física desde a época do ensino médio até a universidade. Sua carreira como corredora chegou ao auge quando venceu todas as provas nos jogos universitários durante o terceiro e quarto ano nas competições interuniversitárias. Desde seu ingresso na universidade, cinco anos atrás, corria aos finais de semana com vários colegas da faculdade, sempre se orgulhando do fato de poder correr mais do que os seus adversários homens. No entanto, nos últimos seis meses, notou que tem sido cada vez mais difícil manter seu ritmo e seu tempo de corrida, mesmo ao perfazer curtas distâncias (entre 4 e 5 km). Esses sintomas, associados às câibras freqüentes, dores articulares, sinais de resfriado e fadiga crônica levaram-na a supor que estariam relacionados ao processo de envelhecimento e que ela não poderia mais manter seus padrões normais de corrida. Finalmente, Joana decidiu consultar um médico de família quando foi recusada como doadora de sangue por causa de anemia e níveis sangüíneos elevados de colesterol e triglicérides.

Exame inicial

O exame físico revelou as seguintes informações:

- Sintomas de resfriado, como rouquidão, persistindo por 2 a 3 semanas.

- Constipação freqüente.
- Coloração amarelada da pele, sem envolvimento da esclera.
- Pele fria, seca, áspera e escamosa.
- Face infiltrada e edema periorbital.
- Unhas espessas e quebradiças.
- Perda leve e difusa de pêlos envolvendo o couro cabeludo e o terço lateral das sobrancelhas.
- Pressão sangüínea de 110/80 mmHg.
- Reflexos tendíneos profundos diminuídos com relaxamento muscular prolongado, observado no teste de reflexo no tendão do calcâneo.
- Glândula tireóide discretamente aumentada, de consistência semelhante à borracha à palpação, sem qualquer sensibilidade.

O médico solicitou os seguintes exames de laboratório:

- Hemograma completo.
- Perfil lipídico.
- Exame de urina.
- Níveis sangüíneos de TSH.
- Níveis sangüíneos de T_4 livre.

Exame de acompanhamento

Joana e seu médico encontram-se após uma semana para discutir os resultados dos testes laboratoriais. Estes exames mostram o seguinte:

- O hemograma indica uma anemia por deficiência de ferro.
- O perfil lipídico confirma níveis elevados de colesterol total, LDL (lipoproteínas de baixa densidade) e triglicérides.
- Os níveis plasmáticos de TSH estão em 20 mU/L.
- Os níveis de T_4 livre estão em 0,6 ng/dL.

Termos do caso clínico

Anemia: Qualquer condição na qual a contagem de glóbulos vermelhos ou a concentração da hemoglobina esteja clinicamente reduzida.

Colesterol: O esteróide mais abundante em tecidos animais, especialmente na bile; está presente em alimentos, sobretudo alimentos ricos em gordura animal.

Contagem de elementos figurados (hemograma): Contagem completa das células sangüíneas – glóbulos brancos, glóbulos vermelhos e plaquetas – em uma amostra de sangue.

Doença auto-imune: Condição na qual o sistema linfático de um indivíduo produza células e/ou anticorpos que agridem os tecidos do seu próprio organismo.

Edema periorbital: Acúmulo de líquido nos espaços intersticiais da pele ao redor da órbita.

Esclera: Região da lâmina fibrosa que constitui a camada mais externa do bulbo do olho; a parte branca do olho.

Perfil lipídico: Teste laboratorial que examina as concentrações e as características químicas dos lipídeos em suspensão em uma amostra de sangue.

Reflexos tendíneos profundos (*reflexos miotáticos*): Contração muscular em resposta à força de estiramento resultante da estimulação de proprioceptores.

Triglicérides: Ácidos graxos ligados ao glicerol; a forma mais importante de lipídeo no corpo, também conhecida como triacilglicerol.

NOVO! Casos clínicos

Os Casos clínicos, encontrados no final de cada capítulo que conclui um sistema corporal, levam o estudante desde a descrição dos sintomas de um paciente até os resultados dos exames físicos e dos exames de laboratório, passando por questões atraentes que os incentivam a revisarem o conteúdo relacionado nos capítulos anteriores, por uma breve análise de caso e, por fim, chegando a um diagnóstico.

Caso clínico (*continuação*)

a considerar

ema de órgãos apresenta sinais ou sintomas que permitem o associar os indícios que o levarão ao diagnóstico correto a. Tanto a descrição dos sintomas feita pelo paciente quanto e a interpretação realizadas pelo médico contribuem para o co final.

considerar o significado das informações apresentadas neste se o Capítulo 19, O Sistema Endócrino. As questões a seguir omo um roteiro para a sua revisão. Pense e responda cada uma ecessário, consulte o Capítulo 19.

meira vista, todos os sintomas de Joana parecem aleatórios e elação entre si. Entretanto, em uma análise mais detalhada, o odos esses sintomas têm em comum?

ue os sintomas de Joana se desenvolveram lentamente por eríodo tão longo?

ue o perfil lipídico de Joana confirmou níveis altos de colesteal, triglicérides e LDL?

e interpretação

nações a seguir respondem as questões na seção "Pontos a r". Para rever esta matéria, consulte as páginas indicadas

os dos hormônios secretados pelas glândulas endócrinas têm os metabólicos amplamente distribuídos. Todos os sintomas ana estão relacionados ao seu metabolismo celular geral e à xa de consumo de oxigênio (págs. 513-515).

vidades foliculares no interior dos folículos da glândula tie armazenam tireoxina (T_4) e tri-iodotironina (T_3) (pág. A liberação destes hormônios diminuirá lentamente e concotemente com a piora progressiva do estado clínico de Joana explica o lento desenvolvimento dos sintomas.

rfil lipídico de Joana (níveis sangüíneos de LDL, colesterol e triglicérides elevados) resulta da velocidade metabólica diminuída e da redução da absorção de lipídeos pelos tecidos periféricos. Muitos dos hormônios secretados pelo sistema endócrino atuam em vários aspectos do metabolismo (págs. 518-521).

Diagnóstico

Após testes posteriores para pesquisa de anticorpos antitireóide e um exame de ressonância magnética (RM) (Figura 19.12), Joana recebeu o diagnóstico de uma doença auto-imune: **tireoidite de Hashimoto.** Essa doença é caracterizada pela destruição lenta das células da glândula tireóide provocada por vários processos imunológicos mediados por células e anticorpos. O efeito dessa doença auto-imune é a alteração na síntese e liberação do hormônio tireóideo. Contudo, os sintomas dessa doença desenvolvem-se lentamente devido à liberação demorada da tireoxina e tri-iodotironina formadas previamente à doença nos folículos tireóideos que, por sua vez, são paulatinamente danificados pela doença auto-imune.

A tireoidite de Hashimoto é a causa mais comum de hipotireoidismo em indivíduos residentes nos Estados Unidos e acima de seis anos de idade. Mundialmente, a causa mais comum do hipotireoidismo é a deficiência de iodo. No entanto, a tireoidite de Hashimoto é também a causa mais comum de hipotireoidismo espontâneo em áreas onde a população apresenta ingestão de iodo adequada.

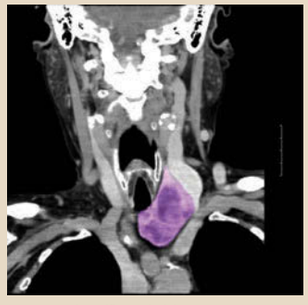


Figura 19.12 **RM da região cervical de Joana.**

O médico de Joana utilizou conhecimentos sobre os órgãos endócrinos específicos e suas funções para prever os sintomas de doenças endócrinas específicas. Por exemplo, os sintomas de Joana, que à primeira vista não apresentavam correlação, indicam alterações do metabolismo. Os hormônios da glândula tireóide aumentam a velocidade do metabolismo basal, a produção de calor pelo corpo, a perspiração e a freqüência cardíaca. Um metabolismo acelerado, o aumento da temperatura do corpo, a perda de peso, o nervosismo, a perspiração excessiva e a freqüência aumentada ou irregular dos batimentos cardíacos são sintomas de hipertireoidismo. Inversamente, a velocidade metabólica reduzida, a diminuição da temperatura do corpo, o aumento de peso, a letargia, a pele seca e a redução da freqüência dos batimentos cardíacos são os sintomas que tipicamente acompanham o hipotireoidismo. Contudo, muitos sinais e sintomas relacionados a alterações endócrinas são menos definidos. Por exemplo, a poliúria, ou produção aumentada de urina, pode resultar de hipossecreção de ADH (diabete insípido) ou pode ser causada pela hiperglicosúria decorrente do diabete melito; um sintoma como a hipertensão arterial (aumento da pressão sangüínea) pode ser causado por uma variedade de problemas cardiovasculares ou endócrinos. Nesses casos, muitas decisões diagnósticas são baseadas em testes sangüíneos ou outros tipos de testes, que podem confirmar a presença de uma doença endócrina pela detecção de níveis anormais de hormônios circulantes ou de níveis alterados de produtos metabólicos resultantes de ação hormonal. Testes periódicos podem determinar se a causa do problema relaciona-se com a glândula endócrina, com o(s) mecanismo(s) circulatório(s), ou com os tecidos-alvo. Freqüentemente, um padrão de resultados obtidos de vários testes diferentes leva ao diagnóstico. A Tabela 19.6 mostra uma visão geral clínica das disfunções endócrinas, enquanto a Tabela 19.7 descreve alguns testes usados no diagnóstico de doenças endócrinas como a de Joana. ■

Nota clínica

Traumatismos cranioencefálicos O *traumatismo cranioencefálico* (*TCE*) pode resultar de um impacto forte entre a cabeça e um objeto rígido ou de um solavanco extremo. Os traumatismos cranioencefálicos são responsáveis por mais da metade das mortes atribuídas aos traumas. Todo ano, ocorrem cerca de 1,5 milhão de casos de TCE nos Estados Unidos. Aproximadamente 50.000 pessoas morrem e outras 80.000 têm deficiências a longo prazo.

As *concussões* podem estar associadas até com lesões cranianas leves. Uma concussão pode consistir em confusão breve com estado mental anormal, perda temporária da consciência e algum grau de amnésia. Os médicos devem examinar atentamente os pacientes com concussão e utilizar exames radiográficos ou tomográficos de crânio para verificar se há fratura ou hemorragia craniana. Concussões leves causam uma breve interrupção da consciência e pouca perda de memória. Concussões graves produzem longos períodos de inconsciência e funções neurológicas anormais. As concussões graves estão tipicamente associadas com contusões (equimoses), hemorragias ou lacerações (avulsões) do tecido nervoso; as possibilidades de recuperação variam de acordo com as áreas afetadas. Uma lesão extensa da formação reticular pode resultar em um estado permanente de inconsciência (coma), e uma lesão da parte inferior do tronco encefálico geralmente é fatal.

O uso de capacetes durante atividades como ciclismo, equitação, "skatismo" ou motociclismo, em esportes de contato físico, como futebol e hóquei, e no beisebol (rebatendo ou correndo as bases) fornece proteção para o encéfalo. Cintos de segurança também proporcionam proteção similar no caso de um acidente automobilístico. Se ocorrer concussão, é recomendada a restrição das atividades, inclusive adiamento do retorno à atividade que causou a lesão.

Notas clínicas

As Notas clínicas encaixadas na narrativa contínua de cada capítulo apresentam patologias e sua relação com a função fisiológica normal, enquanto os textos maiores, dentro de quadros, abordam tópicos médicos e sociais importantes. O número de Notas clínicas aumentou nesta edição.

Para auxiliar no ensino e na aprendizagem da anatomia humana, estão disponíveis, além dos seguintes materiais de apoio, o exclusivo Hot Site **www.artmed.com.br/colecaomartini**

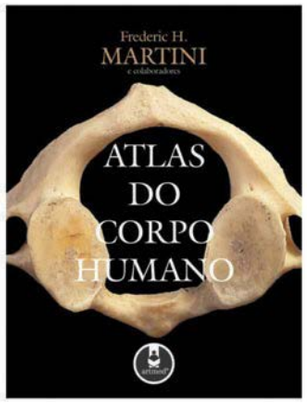
Anexos ao livro

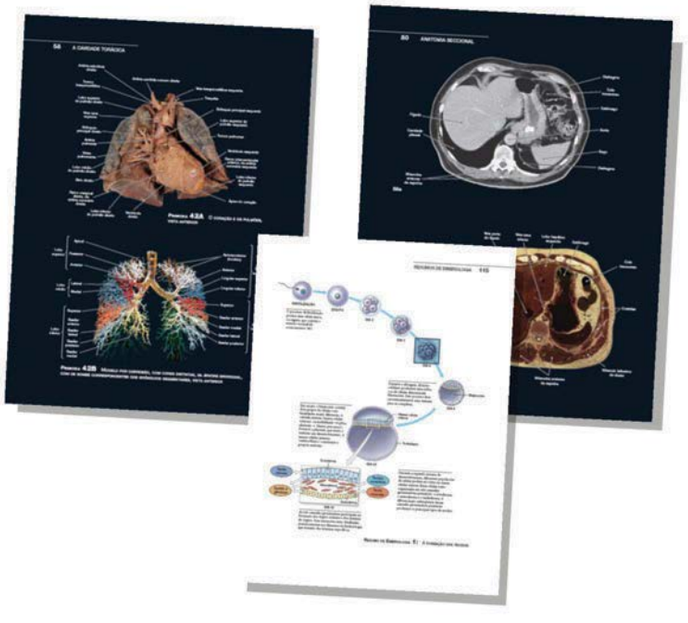
Para auxiliar o estudante, os seguintes recursos didáticos estão disponíveis:

- CD-ROM Practical anatomy lab (em inglês), a última ferramenta em prática de anatomia!

- Centenas de imagens de peças de laboratório
- Ferramentas interativas para estudar as amostras
- Áudio com os nomes das estruturas anatômicas
- Testes de múltipla escolha e descritivos
- Animações

- *Atlas do corpo humano*, uma fonte de estudo que se utiliza do aspecto visual para facilitar a compreensão do assunto pelo estudante.





Na Área do Professor, em www.artmed.com.br

- Atividades (em inglês) relacionadas aos capítulos do livro*, as quais poderão ser utilizadas como recurso didático na hora de ensinar anatomia humana.

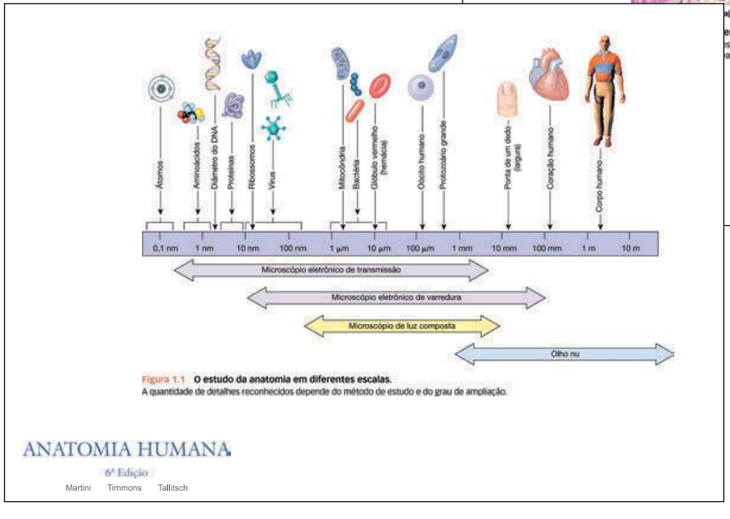
Não deixe de visitar o Hot Site www.artmed.com.br/colecaomartini

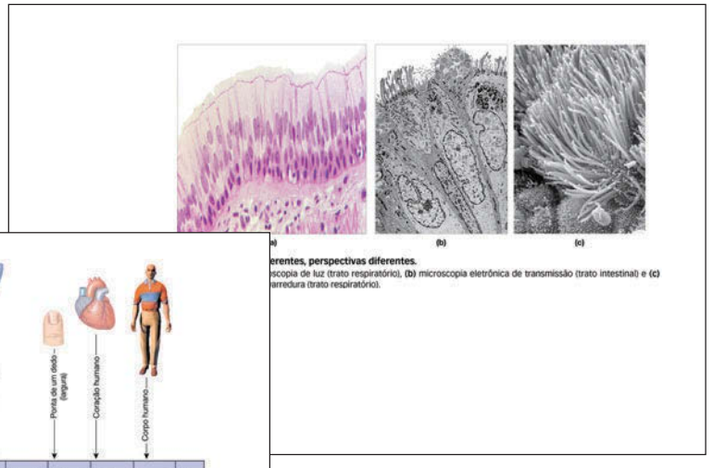
Animações e quizzes

Powerpoints do livro selecionados, oferecendo um resumo dos sistemas corporais

Sobre os autores, prefácio, apresentação à edição brasileira, sumário detalhado, e muito mais!

- Todas as figuras do livro em powerpoint (em português), auxilando o professor na hora de preparar suas aulas.





* O DVD (em inglês) com atividades relacionadas aos capítulos 1 a 28 está disponível, **por tempo limitado**, para professores, devendo ser solicitado pelo e-mail divulgacao@artmed.com.br.

Sumário

1

Introdução à Anatomia 1

2

A Célula 26

3

Tecidos e Embriologia 51

4

Tegumento Comum 88

5 6 7 8

O Sistema Esquelético 111

5 Tecido Ósseo e Estrutura do Esqueleto 111
6 Divisão Axial 133
7 Divisão Apendicular 174
8 Articulações 205

9 10 11

O Sistema Muscular 237

9 Tecido Muscular Esquelético e Organização Muscular 237
10 Musculatura Axial 261
11 Musculatura Apendicular 284

12

Anatomia de Superfície e Anatomia Seccional Transversa 327

13 14 15 16 17 18

O Sistema Nervoso 340

13 Tecido Nervoso 340
14 A Medula Espinal e os Nervos Espinais 361
15 O Encéfalo e os Nervos Cranianos 386
16 Vias e Funções Superiores 431
17 Sistema Nervoso Autônomo 451
18 Sentidos Gerais e Especiais 470

19

O Sistema Endócrino 507

20 21 22

O Sistema Circulatório 530

20 Sangue 530
21 O Coração 547
22 Vasos e Circulação 571

23

O Sistema Linfático 608

24

O Sistema Respiratório 629

25

O Sistema Digestório 655

26

O Sistema Urinário 693

27 28

O Sistema Genital 714

27 O Sistema Genital 714
28 Embriologia e Desenvolvimento Humano 747

Página propositalmente deixada em branco

Sumário Detalhado

1 Introdução à Anatomia 1

Anatomia microscópica 2
Anatomia macroscópica 3
Outras perspectivas em anatomia 3
Níveis de organização 4
Introdução aos sistemas de órgãos 6
A terminologia anatômica (linguagem da anatomia) 13
Anatomia de superfície 14
Marcadores anatômicos de referência 14
Regiões anatômicas 15
Direções anatômicas 16
Anatomia seccional 16
Planos e secções 17
Cavidades do corpo 18

NOTAS CLÍNICAS
Doença, patologia e diagnóstico 4
O diagnóstico da doença 6
Visible Human Project 18
Anatomia seccional e tecnologia clínica 21

TERMOS CLÍNICOS 23

2 A Célula 26

O estudo das células 27
Microscopia de luz 27
Microscopia eletrônica 28
A anatomia da célula 29
O plasmalema 31
Permeabilidade da membrana: processos passivos 32
Permeabilidade da membrana: processos ativos 32
Extensões do plasmalema: microvilosidades 34
O citoplasma 35
O citosol 36
Organelas 36
Organelas não-membranosas 36
O citoesqueleto 36
Centríolos, cílios e flagelos 36
Ribossomos 38
Organelas membranosas 38
Mitocôndrias 38
O núcleo 38
Retículo endoplasmático 40
O aparelho de Golgi 41
Lisossomos 42
Peroxissomos 42
Fluxo de membrana 43
Conexões intercelulares 43
O ciclo de vida da célula 45
Interfase 45
Replicação de DNA 46
Mitose 46

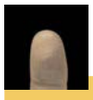
NOTA CLÍNICA
Divisão celular e câncer 47

TERMOS CLÍNICOS 48

3 Tecidos e Embriologia 51

Tecido epitelial 52
Funções do tecido epitelial 52
Especializações das células epiteliais 53
Manutenção da integridade do epitélio 54
Junções intercelulares 54
Fixação à lâmina basal 54
Manutenção e renovação epiteliais 54
Classificação dos epitélios 55
Epitélios escamosos 55
Epitélio cubóide 56
Epitélio colunar 57
Epitélios de transição e pseudo-estratificado 57
Epitélios glandulares 58
Tipos de secreção 58
Estrutura glandular 59
Modos de secreção 60
Tecidos conectivos 61
Classificação dos tecidos conectivos 62
Tecido conectivo próprio 62
Células de tecido conectivo próprio 62
Fibras de tecido conectivo 63
Substância fundamental 64
Tecidos embrionários 64
Tecidos conectivos frouxos 64

Tecidos conectivos densos 66
Tecidos conectivos líquidos 68
Tecidos conectivos de sustentação 68
Cartilagem 69
Osso 71
Membranas/túnicas 72
Túnicas mucosas 72
Túnicas serosas 72
Pele 72
Membranas sinoviais 73
Tecidos conectivos e estrutura do corpo 73
Tecido muscular 75
Tecido muscular estriado esquelético 75
Tecido muscular estriado cardíaco 75
Tecido muscular liso 75
Tecido nervoso 77
Tecidos, nutrição e envelhecimento 77
RESUMOS DE EMBRIOLOGIA
A formação dos tecidos 79
O desenvolvimento dos epitélios 80
As origens dos tecidos conectivos 81
O desenvolvimento dos sistemas de órgãos 82
NOTAS CLÍNICAS
Lipoaspiração 66
Lesões de cartilagens e joelho 69
Problemas com as túnicas serosas 74
Formação e crescimento tumoral 78
TERMOS CLÍNICOS 84



4 Tegumento Comum 88

Estrutura e função do tegumento comum 90
A epiderme 90
Camadas da epiderme 91
Estrato germinativo 91
Estrato espinhoso 91
Estrato granuloso 91
Estrato lúcido 92
Estrato córneo 92
Pele espessa e delgada 93
Cristas da pele 93
Cor da pele 93
A derme 95
Organização da derme 95
Rugas, marcas de expressão e linhas de clivagem 96
Outros componentes dérmicos 96
O suprimento sangüíneo da pele 97
O suprimento nervoso da pele 97
A tela subcutânea 97
Estruturas acessórias 98
Folículos pilosos e pêlos 98
Produção de pêlos 98
Estrutura do folículo 98
Funções do pêlo 98
Tipos de pêlos 98
Coloração dos pêlos 100
Crescimento e substituição do cabelo 100
Glândulas na pele 100
Glândulas sebáceas 100
Glândulas sudoríferas 101
Controle de secreções glandulares 103
Unhas 103
Controle local da função do tegumento comum 105
Envelhecimento e tegumento comum 105
NOTAS CLÍNICAS
Exame da pele 89
Distúrbios da produção de queratina 92
Administração transdérmica de drogas 93
Tumores de pele 96
Acne e dermatite seborréica 102
A reparação de lesões de pele 104
CASO CLÍNICO
Ansiedade no laboratório de anatomia 106
TERMOS CLÍNICOS 108

5 O Sistema Esquelético: Tecido Ósseo e Estrutura do Esqueleto 111

Estrutura do osso 112
A organização histológica do osso maduro 112
A matriz do osso 112
As células do osso maduro 112
Substância compacta e esponjosa dos ossos 113
Diferenças estruturais entre a substância compacta e esponjosa 113
Diferenças funcionais entre as substâncias compacta e esponjosa 115
O periósteo e o endósteo 116
Desenvolvimento e crescimento ósseo 117
Ossificação intramembranácea 117
Ossificação endocondral 119
Aumento do comprimento de um osso em desenvolvimento 119
Aumento do diâmetro de um osso em desenvolvimento 120
Formação do suprimento sangüíneo e linfático 123
Inervação óssea 123
Fatores de regulação do crescimento ósseo 123
Manutenção, remodelamento e reparação óssea 124
Remodelamento ósseo 125
Lesão e reparação 125
Envelhecimento e sistema esquelético 125
Anatomia dos elementos do esqueleto 126
Classificação dos ossos 126
Acidentes ósseos (características de superfície) 127
Integração com outros sistemas 130

NOTAS CLÍNICAS
Raquitismo 117
Formação óssea heterotópica 118
Doenças congênitas do esqueleto 123
Osteoporose e anomalias esqueléticas relacionadas à idade 126
Uma classificação de fraturas 129
TERMOS CLÍNICOS 130

6 O Sistema Esquelético: Esqueleto Axial 133

O crânio e ossos associados 135
Ossos do crânio 142
Osso occipital 142
Ossos parietais 142
Osso frontal 142
Ossos temporais 145
Esfenóide 146
Etmóide 147
As fossas do crânio 148
Ossos da face 148
As maxilas 148
Os ossos palatinos 148
Os ossos nasais 150
As conchas nasais inferiores 150
Os ossos zigomáticos 151
Os ossos lacrimais 151
O vômer 151
A mandíbula 151
Os complexos orbital e nasal 151
O complexo orbital (órbita) 151
O complexo nasal 152
O osso hióide 154
Crânios de bebês, crianças e adultos 158
A coluna vertebral 158
Curvaturas da coluna vertebral 159
Anatomia vertebral 161
O corpo vertebral 161
O arco vertebral 161
Os processos articulares 162
Articulação vertebral 162
Regiões da coluna vertebral 162
Vértebras cervicais 163
Vértebras torácicas 164
Vértebras lombares 166
O sacro 166
O cóccix 168
O esqueleto do tórax (caixa torácica) 168
As costelas 169
O esterno 170
NOTAS CLÍNICAS
Sinusites 154
Problemas relativos ao crescimento do crânio 155
Cifose, lordose e escoliose 161
Espinha bífida 167
Caixa torácica e procedimentos cirúrgicos 170
Fraturas de costelas 170
TERMOS CLÍNICOS 171

7 O Sistema Esquelético: Esqueleto Apendicular 174

Cíngulo do membro superior e membro superior 176
Cíngulo do membro superior 176
Clavícula 176
Escápula 176
Membro superior 179
Úmero 179
Ulna 179
Rádio 179
Ossos carpais 184
Ossos metacarpais e falanges 184
Cíngulo do membro inferior e membro inferior 186
Cíngulo do membro inferior 186
Ossos do quadril 186
Pelve 186
Membro inferior 193
Fêmur 193
Patela 196
Tíbia 196
Fíbula 196
Ossos tarsais 196
Ossos metatarsais e falanges 199
Variação individual do sistema esquelético 200
NOTAS CLÍNICAS
Fraturas do escafóide 184
Problemas com o tornozelo e o pé 201
TERMOS CLÍNICOS 202

8 O Sistema Esquelético: Articulações 205

Classificação das articulações 206
Sinartroses (articulações imóveis) 206
Anfiartroses (articulações ligeiramente móveis) 206
Diartroses (articulações com movimento livre) 206
Sinóvia (líquido sinovial) 207
Estruturas acessórias 208
Força e mobilidade 208
Forma e função articular 208
Descrição do movimento dinâmico 209
Tipos de movimentos 209
Movimento linear (deslizamento) 209
Movimento angular 211
Rotação 211
Movimentos especiais 211

Classificação estrutural das articulações sinoviais 212
Articulações representativas 213
Articulação temporomandibular (ATM) 214
Articulações da coluna vertebral 214
Discos intervertebrais (sínfise intervertebral) 214
Ligamentos da coluna vertebral 215
Movimentos da coluna vertebral 215
Articulação esternoclavicular 216
Articulação do ombro 217
Ligamentos 217
Músculos esqueléticos e tendões 217
Bolsas sinoviais 219
Articulação do cotovelo 219
Articulações radiulnares 219
Articulações do punho 219
Estabilidade do punho 219
Articulações da mão 221
Articulação do quadril 221
Cápsula articular 223
Estabilização do quadril 223
Articulação do joelho 225
Cápsula articular 225
Ligamentos de sustentação 225
Travamento do joelho 225
Articulações do tornozelo e do pé 228
Articulação do tornozelo 228
Articulações do pé 229
Envelhecimento e articulações 229
Ossos e músculos 231
NOTAS CLÍNICAS
Luxação de uma articulação sinovial 208
Problemas nos discos intervertebrais 216
Lesões do ombro 219
Lesões do joelho 228
CASO CLÍNICO
A estrada para Daytona 231
TERMOS CLÍNICOS 233

9 O Sistema Muscular: Tecido Muscular Estriado Esquelético e Organização Muscular 237

Funções do músculo estriado esquelético 238
Anatomia dos músculos estriados esqueléticos 238
Anatomia macroscópica 238
Tecido conectivo do músculo 238
Nervos e vasos sangüíneos 239
Anatomia microscópica das fibras musculares estriadas esqueléticas 240
Miofibrilas e miofilamentos 243
Organização do sarcômero 243
Contração muscular 245
A teoria do filamento deslizante 245
O início da contração 246
O término da contração 246
O controle neural da contração da fibra muscular 246
Contração muscular: resumo 247
Unidades motoras e controle muscular 247
Tono muscular 249
Hipertrofia muscular 249
Atrofia muscular 249
Tipos de fibras musculares estriadas esqueléticas 249
Distribuição das fibras rápidas, lentas e intermediárias 250
A organização das fibras musculares estriadas esqueléticas 251
Músculos paralelos 251
Músculos convergentes 252
Músculos peniformes 252
Músculos circulares 253
Terminologia muscular 253
Inserção de origem (ponto fixo) e inserção terminal (ponto móvel) 253
Ações 253
Nomenclatura dos músculos estriados esqueléticos 254
Alavancas e polias: um sistema projetado para o movimento 255
Tipos de alavancas 255
Polias anatômicas 256
Envelhecimento e sistema muscular 256
NOTAS CLÍNICAS
Fibromialgia e síndrome da fadiga crônica 240
***Rigor mortis* (rigidez cadavérica) 248**
Dor muscular de início retardado 251
Triquinose 257
TERMOS CLÍNICOS 257

10 O Sistema Muscular: Musculatura Axial 261

A musculatura axial 262
Músculos da cabeça e pescoço 263
Músculos da face (expressão facial) 264
Músculos extrínsecos do bulbo do olho 264
Músculos da mastigação 266
Músculos da língua 268
Músculos da faringe 269
Músculos anteriores do pescoço 270
Músculos da coluna vertebral 271
A camada superficial dos músculos intrínsecos do dorso 273
A camada média dos músculos intrínsecos do dorso 273
A camada profunda dos músculos intrínsecos do dorso 274
Músculos flexores da coluna vertebral 274
Músculos oblíquos e retos 274

O diafragma 276
Músculos do períneo e do diafragma da pelve 279
Resumo de embriologia 279
NOTAS CLÍNICAS
O que há de novo? 269
Hérnias 279
TERMOS CLÍNICOS 281

11 O Sistema Muscular: Musculatura Apendicular 284

Fatores que afetam a função da musculatura apendicular 285
Músculos do cíngulo do membro superior e membros superiores 285
Músculos que posicionam o cíngulo do membro superior 286
Músculos que movimentam o braço 288
Músculos que movimentam o antebraço e a mão 290
Músculos que movimentam a mão e os dedos 294
Músculos extrínsecos da mão 294
Músculos intrínsecos da mão 296
Músculos do cíngulo do membro inferior e membros inferiores 302
Músculos que movimentam a coxa 302
Músculos que movimentam a perna 307
Músculos que movimentam o pé e os dedos 309
Músculos extrínsecos do pé 309
Músculos intrínsecos do pé 311
Fáscias, camadas e compartimentos musculares 318
Compartimentos do membro superior 318
Compartimentos do membro inferior 318
NOTAS CLÍNICAS
Lesões do esporte 292
Síndrome do túnel do carpo 297
Injeções intramusculares 305
Síndrome compartimental 319
CASO CLÍNICO
Quadril do idoso 323
TERMOS CLÍNICOS 324

12 Anatomia de Superfície e Anatomia Seccional Transversa 327

Uma abordagem regional para a anatomia de superfície 328
Cabeça e pescoço 328
O tórax 330
O abdome 331
O membro superior 332
Braço, antebraço e punho 333
A pelve e o membro inferior 334
Perna e pé 335
Anatomia seccional transversa 336
Nível do quiasma óptico 336
Secção transversal da cabeça no nível de C II 337
Secção transversal no nível de T II 337
Secção transversal no nível de T VIII 338
Secção transversal no nível de T X 338
Secção transversal no nível de T XII 339
Secção transversal no nível de L V 339

13 O Sistema Nervoso: Tecido Nervoso 340

Uma visão geral sobre o sistema nervoso 341
A organização celular do tecido nervoso 342
Neuróglia 344
Neuróglia do SNC 344
Neuróglia do SNP 346
Neurônios 349
A classificação dos neurônios 350
Regeneração nervosa 352
O impulso nervoso 353
Comunicação sináptica 354
Sinapses vesiculares 354
Sinapses não-vesiculares 355
Organização e processamento neuronal 355
Organização anatômica do sistema nervoso 357
Resumo de embriologia 357
NOTAS CLÍNICAS
Os sintomas das doenças neurológicas 343
Doenças desmielinizantes 352
TERMOS CLÍNICOS 357

14 O Sistema Nervoso: A Medula Espinal e os Nervos Espinais 361

Anatomia macroscópica da medula espinal 362
Meninges espinais 362
A dura-máter 362
A aracnóide-máter 365
A pia-máter 365
Anatomia seccional da medula espinal 367
Organização da substância cinzenta 367

Organização da substância branca 367

Nervos espinais 369

Distribuição periférica dos nervos espinais 369

Plexos nervosos 370
O plexo cervical 372
O plexo braquial 372
Os plexos lombar e sacral 373

Reflexos 376

Classificação dos reflexos 380

Reflexos medulares 382

Centros superiores e integração de reflexos 382
Resumo de embriologia 382

NOTAS CLÍNICAS
Punções espinais, mielografia, anestesia espinal e anestesia caudal 366
Lesões na medula espinal 367
Neuropatias periféricas 377
Doenças medulares e dos nervos espinais 380

TERMOS CLÍNICOS 383

15 O Sistema Nervoso: O Encéfalo e os Nervos Cranianos 386

Introdução à organização do encéfalo 387

Embriologia do encéfalo 387

Principais regiões e pontos de referência 387
O cérebro 387
O diencéfalo 387
O mesencéfalo 389
A ponte e o cerebelo 389
O bulbo 389

Organização da substância cinzenta e da substância branca 389

Os ventrículos encefálicos 389

Proteção e sustentação do encéfalo 389

As meninges encefálicas 391
A dura-máter 391
A aracnóide-máter 391
A pia-máter 391

A barreira hemato-encefálica 391

Líquido cerebrospinal 394
Formação do líquido cerebrospinal 394
Circulação do líquido cerebrospinal 394

O suprimento sangüíneo do encéfalo 395

O cérebro 396

Os hemisférios cerebrais 396
Os lobos cerebrais 396
Áreas sensitivas e motoras do córtex cerebral 398
Áreas de associação 400
Centros de integração 400

A substância branca central 400

Os núcleos da base 401
Funções dos núcleos da base 401

O sistema límbico 401

O diencéfalo 405

O epitálamo 405

O tálamo 405
Funções dos núcleos do tálamo 406

O hipotálamo 406
Funções do hipotálamo 406

O mesencéfalo 410

A ponte 410

O cerebelo 412

O bulbo 414

Os nervos cranianos 416

O nervo olfatório (N I) 418

O nervo óptico (N II) 418

O nervo oculomotor (N III) 420

O nervo troclear (N IV) 420

O nervo trigêmeo (N V) 420

O nervo abducente (N VI) 422

O nervo facial (N VII) 422

O nervo vestibulococlear (N VIII) 423

O nervo glossofaríngeo (N IX) 423

O nervo vago (N X) 424

O nervo acessório (N XI) 425

O nervo hipoglosso (N XII) 425

Resumo dos nervos cranianos (ramos e funções) 426
Resumo de embriologia 427

NOTAS CLÍNICAS
Traumatismos cranioencefálicos 391
Hemorragias epidural e subdural 394
Hidrocefalia 398
A substância negra e a doença de Parkinson 410
Disfunção cerebelar 414
Tique doloroso 422
Paralisia de Bell 423
Reflexos cranianos 427

TERMOS CLÍNICOS 427

16 O Sistema Nervoso: Vias e Funções Superiores 431

Vias sensitivas e motoras 432

Vias sensitivas 432
Sistema do funículo posterior 432
O sistema ântero-lateral 435
A via espinocerebelar 435

Vias motoras 436
O sistema corticofugal 437
Os sistemas descendentes medial e lateral 438
Os núcleos da base e o cerebelo 439

Níveis de controle motor somático 441

Funções superiores 442

Regiões de integração do córtex cerebral 443
A área integrativa geral 443
O centro da fala 443
O córtex pré-frontal 444
Áreas de Brodmann e função cortical 444

Especialização dos hemisférios 445

Memória 445

Consciência: o sistema ativador reticular ascendente 446

Envelhecimento e sistema nervoso 446

NOTAS CLÍNICAS
Paralisia cerebral 438
Esclerose lateral amiotrófica 440
Anencefalia 441
Lesão dos centros integrativos 444
Síndrome da desconexão inter-hemisférica 445
Níveis de consciência 446
Doença de Alzheimer 447
Doenças vasculares encefálicas 448

TERMOS CLÍNICOS 448

17 O Sistema Nervoso: Sistema Nervoso Autônomo 451

Comparação dos sistemas nervosos somático e visceral 452

Partes do SNA 452
Parte simpática (toracolombar) 452
Parte parassimpática (craniossacral) 452
Padrões de inervação 452

A parte simpática 453

Os gânglios do tronco simpático 454
Funções do tronco simpático 456
Anatomia do tronco simpático 456

Os gânglios colaterais 456
Funções dos gânglios colaterais 456
Anatomia dos gânglios colaterais 457

A medula supra-renal 458

Efeitos da estimulação simpática 458

Ativação simpática e liberação de neurotransmissor 459

Receptores pós-sinápticos e função simpática 459
Receptores alfa e receptores beta 459
Estimulação simpática e ACh 459

Resumo da parte simpática 460

A parte parassimpática 460

Organização e anatomia da parte parassimpática 461

Funções gerais da parte parassimpática 461

Ativação parassimpática e liberação de neurotransmissor 461
Receptores pós-sinápticos e respostas 461

Resumo da parte parassimpática 461

Relações entre as partes simpática e parassimpática 463

Anatomia da dupla inervação 463

Comparação das partes simpática e parassimpática 464

Integração e controle das funções autonômicas 464

Reflexos viscerais 464

Níveis superiores de controle visceral 465

NOTAS CLÍNICAS
Hipersensibilidade e função simpática 456
Neuropatia diabética e o SNA 465

TERMOS CLÍNICOS 467

18 O Sistema Nervoso: Sentidos Gerais e Especiais 470

Receptores 471

Interpretação da informação sensitiva 471

Processamento central e adaptação 471

Limitações sensitivas 472

Os sentidos gerais 472

Nociceptores 472

Termorreceptores 473

Mecanorreceptores 473
Receptores táteis 473
Barorreceptores 475
Proprioceptores 475

Quimiorreceptores 475

O olfato (olfação) 477

Receptores olfatórios 477

Vias olfatórias 477

Discriminação olfatória 478

A gustação (paladar) 478

Receptores gustatórios 479

Vias gustatórias 479

Discriminação gustatória 479

O equilíbrio e a audição 480

A orelha externa 480

A orelha média 480
Os ossículos da audição 482

A orelha interna 482
O complexo vestibular e o equilíbrio 483

Audição 486
A cóclea 486
Detecção do som 490

Vias auditivas 490

A visão 491

Estruturas oculares acessórias 491
Pálpebras 491
O aparelho lacrimal 492

O bulbo do olho 493
A túnica fibrosa 493
A túnica vascular 495
A túnica interna 496
As câmaras do bulbo do olho 498
A lente 499
Vias visuais 499
Integração cortical 500
O tronco encefálico e o processamento da visão 500
Resumo de embriologia 500
NOTAS CLÍNICAS
Dor aguda e crônica 473
Otite média e mastoidite 482
Nistagmo 485
Vertigem, cinetose e doença de Ménière 487
Perda auditiva 490
Conjuntivite 496
Transplante de córnea 498
Glaucoma 499
Catarata 499
CASO CLÍNICO
O que você me diz, doutor? 502
TERMOS CLÍNICOS 503

19 O Sistema Endócrino 507

Uma visão geral do sistema endócrino 508
O hipotálmo e a regulação endócrina 509
A hipófise 510
A neuro-hipófise 510
A adeno-hipófise 510
O sistema portal hipofisário 510
Hormônios da adeno-hipófise 512
A glândula tireóide 513
Folículos tireóideos e hormônios tireóideos 513
Os tireócitos C da glândula tireóide 513
As glândulas paratireóides 515
O timo 515
As glândulas supra-renais 515
O córtex da glândula supra-renal 516
A zona glomerulosa 516
A zona fasciculada 516
A zona reticular 517
A medula da glândula supra-renal 517
Funções endócrinas dos rins e do coração 518
O pâncreas e outros tecidos endócrinos do sistema digestório 518
O pâncreas 518
Tecidos endócrinos do sistema genital 520
Testículos 520
Ovários 520
A glândula pineal 521
Resumo de embriologia 521
Hormônios e envelhecimento 521
NOTAS CLÍNICAS
Diabete insípido 512
Diabete melito 520
Doenças endócrinas 522
CASO CLÍNICO
Por que não consigo mais manter o mesmo ritmo? 524
TERMOS CLÍNICOS 526

20 O Sistema Circulatório: Sangue 530

Funções do sangue 531
Composição do sangue 531
Plasma 533
Diferenças entre plasma e líquido intersticial 533
As proteínas do plasma 533
Elementos figurados 534
Hemácias ou glóbulos vermelhos (GVs) ou eritrócitos (*erythros*, vermelho) 534
Estrutura das hemácias 534
Ciclo de vida das hemácias e circulação 535
Hemácias e hemoglobina 536
Tipos sangüíneos 536
Leucócitos 538
Leucócitos granulares 539
Leucócitos agranulares 539
Plaquetas 540
Hematopoiese 541
Eritropoese 543
Estágios da maturação de glóbulos vermelhos 543
Leucopoiese 543
NOTAS CLÍNICAS
Transfusões 531
Expansores de plasma 533
Anemia e policitemia 535
Níveis elevados de hemoglobina 536
Anemia falciforme 537
Hemofilia 541
Sangue sintetizado 543
***Doping* sangüíneo** 544
TERMOS CLÍNICOS 544

21 O Sistema Circulatório: O Coração 547

Uma visão geral do sistema circulatório 548
O pericárdio 548
Estrutura da parede do coração 550
Tecido muscular cardíaco 550
Os discos intercalados 550
O esqueleto fibroso do coração 550
Orientação e configuração externa do coração 552
Anatomia interna e organização do coração 554
O átrio direito 554
O ventrículo direito 554
O átrio esquerdo 556
O ventrículo esquerdo 556
Diferenças estruturais entre os ventrículos direito e esquerdo 556
Estrutura e função das valvas cardíacas 556
A função das valvas durante o ciclo cardíaco 558
Vascularização cardíaca 558
A artéria coronária direita 558
A artéria coronária esquerda 558
As veias cardíacas 561
O ciclo cardíaco 561
A coordenação das contrações cardíacas 561
Os nós sinoatrial e atrioventricular 562
Complexo estimulante do coração 563
Resumo de embriologia 566
O eletrocardiograma (ECG) 566
Controle autônomo da freqüência cardíaca 566
NOTAS CLÍNICAS
Infecção e inflamação do coração 554
Prolapso da valva atrioventricular esquerda ou "valva mitral" 558
Doença arterial coronariana 560
Arritmias cardíacas, marca-passos artificiais e infarto do miocárdio 564
TERMOS CLÍNICOS 568

22 O Sistema Circulatório: Vasos e Circulação 571

Organização histológica dos vasos sangüíneos 572
Diferenciação entre artérias e veias 573
Artérias 574
Artérias elásticas 574
Artérias musculares 575
Arteríolas 575
Capilares 575
Leitos capilares 575
Veias 577
Vênulas 577
Veias de médio calibre 577
Veias de grande calibre 577
Válvulas venosas 577
A distribuição do sangue 578
Distribuição dos vasos sangüíneos 578
A circulação pulmonar 579
A circulação sistêmica 579
Artérias sistêmicas 579
Veias sistêmicas 592
Alterações circulatórias ao nascimento 599
Envelhecimento e sistema circulatório 603
Resumo de embriologia 603
NOTAS CLÍNICAS
Arteriosclerose 574
Problemas cardíacos congênitos 602
CASO CLÍNICO
O carteiro queixoso 603
TERMOS CLÍNICOS 605

23 O Sistema Linfático 608

Uma visão geral do sistema linfático 609
Funções do sistema linfático 609
Estrutura dos vasos linfáticos 610
Capilares linfáticos 610
Válvulas dos vasos linfáticos 611
Principais vasos linfáticos coletores 611
O ducto torácico 612
O ducto linfático direito 613
Linfócitos 613
Tipos de linfócitos 613
Linfócitos T ou células T 613
Linfócitos B ou células B 613
Linfócitos NK ou células NK 614
Linfócitos e a resposta imunológica 614
Distribuição e tempo de vida dos linfócitos 615
Linfopoese: produção de linfócitos 615
Tecidos linfáticos 616
Órgãos linfáticos 617
Linfonodos 617
Distribuição dos tecidos linfáticos e linfonodos 620

O timo 620
O baço 622
Superfícies do baço 623
Histologia do baço 623
Resumo de embriologia 624
Envelhecimento e sistema linfático 625
NOTAS CLÍNICAS
Nódulos linfáticos infectados 617
Linfadenopatia e câncer metastático 622
Linfomas 622
CASO CLÍNICO
Estou com sensação de "falta de ar". O que está acontecendo comigo? 625
TERMOS CLÍNICOS 626

24 O Sistema Respiratório 629

Uma visão geral do sistema respiratório 630
Funções do sistema respiratório 631
O epitélio respiratório 631
A parte superior do sistema respiratório 632
O nariz e a cavidade nasal 632
A faringe 634
A parte nasal da faringe 634
A parte oral da faringe 634
A parte laríngea da faringe 634
A parte inferior do sistema respiratório 634
A laringe 634
Cartilagens da laringe 634
Ligamentos da laringe 636
Os músculos da laringe 636
A traquéia 637
Os brônquios principais 637
Os pulmões 638
Os lobos dos pulmões 638
As faces do pulmão 638
Os brônquios pulmonares 640
Ramos do brônquio principal direito 640
Ramos do brônquio principal esquerdo 640
Ramos dos brônquios lobares 640
Os segmentos broncopulmonares 640
Os bronquíolos 640
Dúctulos alveolares e alvéolos 643
O alvéolo e a membrana respiratória 643
Suprimento sangüíneo aos pulmões 646
A cavidade pleural e a pleura 646
Músculos respiratórios e ventilação pulmonar 647
Os músculos respiratórios 647
Movimentos respiratórios 648
Modificações respiratórias ao nascimento 649
Centros respiratórios do encéfalo 649
Envelhecimento e sistema respiratório 650
Resumo de embriologia 650
NOTAS CLÍNICAS
Fibrose cística 632
Obstrução traqueal 637
DPOC: asma, bronquite e enfisema pulmonar 643
Câncer de pulmão 646
Síndrome do desconforto respiratório (SDR) 647
CASO CLÍNICO
Como estes dados se relacionam? 650
TERMOS CLÍNICOS 651

25 O Sistema Digestório 655

Uma visão geral do sistema digestório 656
Organização histológica do trato digestório 656
A túnica mucosa 656
A tela submucosa 656
A túnica muscular 657
A túnica serosa 657
Camadas musculares e o movimento de material no trato digestório 657
Peristalse 659
Segmentação 659
O peritônio 660
Mesentérios 660
A cavidade oral 662
Anatomia da cavidade oral 662
A língua 663
Glândulas salivares 664
Regulação das glândulas salivares 664
Os dentes 664
A faringe 666
O processo da deglutição 667
O esôfago 667
Histologia da parede esofágica 667
O estômago 668
Anatomia do estômago 668
As projeções peritoneais do estômago 671
Suprimento sangüíneo ao estômago 671
Musculatura do estômago 671
Histologia do estômago 671
Células gástricas secretoras 673
Regulação do estômago 673
O intestino delgado 673
Partes do intestino delgado 674
O duodeno 674
O jejuno 674
O íleo 674
Sustentação do intestino delgado 674
Histologia do intestino delgado 674

O epitélio intestinal 674
Glândulas (criptas) intestinais 674
A lâmina própria 676
Especializações regionais 676
Regulação do intestino delgado 677
O intestino grosso 677
O ceco 677
O colo 677
As regiões do colo 677
O reto 679
Histologia do intestino grosso 679
Regulação do intestino grosso 679
Órgãos digestórios glandulares acessórios (anexos) 680
O fígado 680
Anatomia do fígado 681
Organização histológica do fígado 681
A vesícula biliar 682
O pâncreas 684
Organização histológica do pâncreas 685
Enzimas pancreáticas 685
A regulação de secreções pancreáticas 686
Envelhecimento e sistema digestório 686
Resumo de embriologia 687
NOTAS CLÍNICAS
Peritonite 660
Caxumba 664
Acalasia, esofagite e DRGE 666
Gastrite e úlceras pépticas 673
Problemas com o armazenamento e a secreção de bile 685
CASO CLÍNICO
Visita à China 687
TERMOS CLÍNICOS 689

26 O Sistema Urinário 693

Os rins 694
Anatomia de superfície do rim 694
Anatomia seccional do rim 694
O suprimento sangüíneo dos rins 696
Inervação dos rins 696
Histologia do rim 698
Uma introdução à estrutura e função do néfron 698
O corpúsculo renal 699
O túbulo contorcido proximal 700
A alça do néfron (de Henle) 703
O túbulo contorcido distal 703
O sistema coletor 703
Estruturas para transporte, armazenamento e eliminação da urina 704
Os ureteres 704
Histologia dos ureteres 704
A bexiga urinária 704
Histologia da bexiga urinária 706
A uretra 706
Histologia da uretra 708
O reflexo de micção e diurese 708
Envelhecimento e sistema urinário 708
Resumo de embriologia 708
NOTAS CLÍNICAS
Avanços no tratamento da insuficiência renal 704
Problemas com o sistema coletor 707
Infecções do trato urinário 708
CASO CLÍNICO
Por que ela ficou gravemente doente e eu não? 709
TERMOS CLÍNICOS 711

27 O Sistema Genital 714

Organização do sistema genital 715
Anatomia do sistema genital masculino 715
Os testículos 715
Descida dos testículos 715
Os funículos espermáticos 715
Estrutura dos testículos 718
Histologia dos testículos 718
Espermatogênese e meiose 718
Espermiogênese 719
Células de Sertoli 719
Anatomia do espermatozóide 721
O trato genital masculino 722
O epidídimo 722
O ducto deferente 722
A uretra 722
As glândulas acessórias 723
As glândulas seminais 723
A próstata 723
As glândulas bulbouretrais 725
Sêmen (esperma) 725
O pênis 725
Resumo de embriologia 727
Anatomia do sistema genital feminino 727
Os ovários 727
O ciclo ovariano e a oogênese 727
Envelhecimento e oogênese 732
As tubas uterinas 732
Histologia da tuba uterina 732
O útero 733
Ligamentos suspensores do útero 733
Anatomia interna do útero 733
A parede uterina 734
Suprimento sangüíneo ao útero 734
Histologia do útero 734
O ciclo uterino 735

A vagina 735
Histologia da vagina 736
Os órgãos genitais femininos externos 737
Resumo de embriologia 738
As glândulas mamárias 738
Desenvolvimento das glândulas mamárias durante a gravidez 739
Gravidez e o sistema genital feminino 739
Envelhecimento e o sistema genital 740
Menopausa 740
O climatério masculino 741
NOTAS CLÍNICAS
Câncer de testículo 722
Câncer de ovário 727
Tumores uterinos 733
Câncer de mama 739
CASO CLÍNICO
Isso é normal para alguém da minha idade? 741
TERMOS CLÍNICOS 743

28 Embriologia e Desenvolvimento Humano 747

Uma visão geral do desenvolvimento 748
Fertilização 748
O oócito na ovulação 748
Formação do pró-núcleo e anfimixia 748
Desenvolvimento pré-natal 749
O primeiro trimestre 750
Clivagem e formação do blastocisto 751
Implantação 752
Placentação 755
Embriogênese 755
O segundo e o terceiro trimestres 757
Trabalho de parto 760
Fases do trabalho de parto 760
A fase de dilatação 760
A fase de expulsão 760
A fase placentária 762
Trabalho de parto prematuro 762
O período neonatal 763
RESUMO DE EMBRIOLOGIA
O desenvolvimento do tegumento comum 764
O desenvolvimento do crânio 766
O desenvolvimento da coluna vertebral 768
O desenvolvimento do esqueleto apendicular 770
O desenvolvimento dos músculos 772
O desenvolvimento do sistema nervoso 774
O desenvolvimento da medula espinal, parte I 775
O desenvolvimento da medula espinal, parte II 776
O desenvolvimento do encéfalo, parte I 777
O desenvolvimento do encéfalo, parte II 778
O desenvolvimento dos órgãos dos sentidos "especiais", parte I 779
O desenvolvimento dos órgãos dos sentidos "especiais", parte II 780
O desenvolvimento do sistema endócrino, parte I 781
O desenvolvimento do sistema endócrino, parte II 782
O desenvolvimento do coração 783
O desenvolvimento do sistema circulatório 784
O desenvolvimento do sistema linfático 786
O desenvolvimento do sistema respiratório, parte I 787
O desenvolvimento do sistema respiratório, parte II 788
O desenvolvimento do sistema digestório, parte I 789
O desenvolvimento do sistema digestório, parte II 790
O desenvolvimento do sistema urinário, parte I 791
O desenvolvimento do sistema urinário, parte II 792
O desenvolvimento do sistema genital 793
NOTAS CLÍNICAS
Perfeição e complexidade 750
Teratogênese e desenvolvimento anômalo 751
Partos a fórceps e de apresentação pélvica (partos "de nádegas") 763
A avaliação do recém-nascido 763
TERMOS CLÍNICOS 796

Respostas às Questões da Revisão dos Conceitos e Revisão do Capítulo 799

Apêndice 820
Pesos e medidas 820
Raízes, prefixos, sufixos e formas combinadas de palavras estrangeiras 822
Epônimos de uso generalizado 823

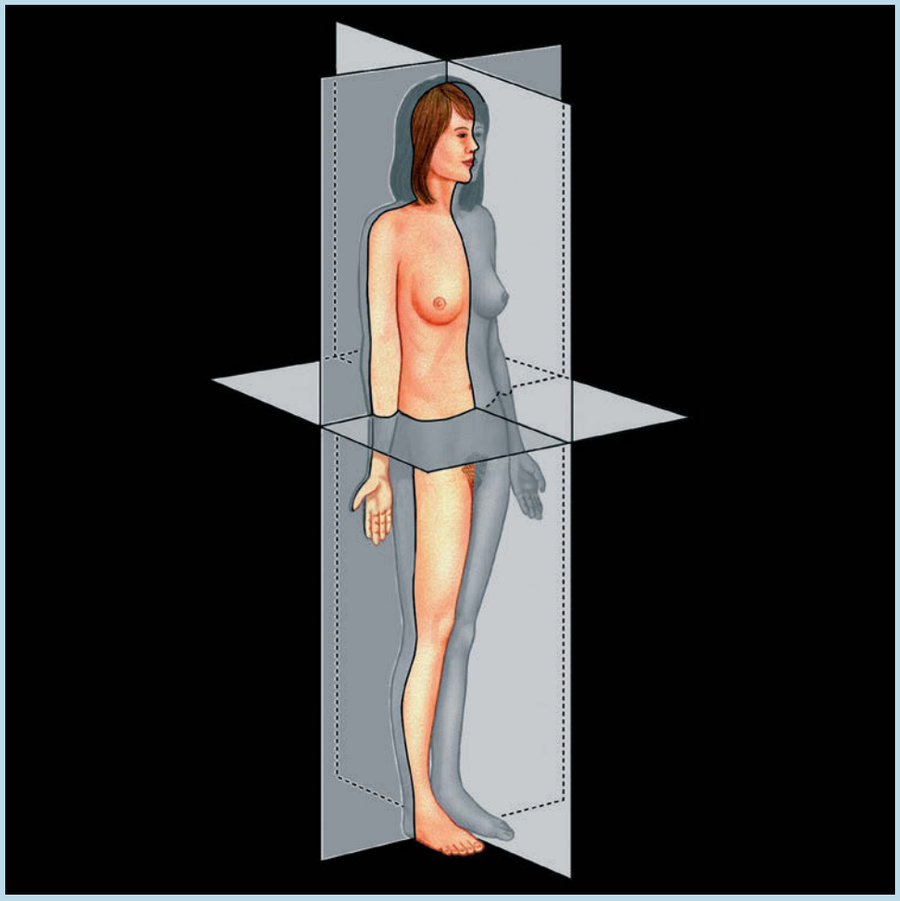
Glossário dos Termos Essenciais 825

Créditos das Fotos 845

Índice 847

1

Introdução à Anatomia



Introdução 2

Anatomia microscópica 2

Anatomia macroscópica 3

Outras perspectivas em anatomia 3

Níveis de organização 4

Introdução aos sistemas de órgãos 6

A terminologia anatômica (linguagem da anatomia) 13

OBJETIVOS DO CAPÍTULO:

1. Compreender as razões de se estudar anatomia e descrever a relação entre estrutura e função.
2. Definir os limites da anatomia microscópica e descrever resumidamente a citologia e a histologia.
3. Descrever diversas maneiras de se abordar a anatomia macroscópica.
4. Definir as diversas especialidades da anatomia.
5. Identificar os principais níveis de organização nos organismos vivos.
6. Descrever as funções vitais básicas de um organismo.
7. Identificar os sistemas de órgãos do corpo humano e compreender suas principais funções.
8. Utilizar termos anatômicos para descrever planos de secção, regiões do corpo, posições relativas e a posição anatômica.
9. Identificar as principais cavidades do corpo e compreender suas funções.

Em nossa vida diária, somos todos anatomistas, mesmo fora das salas de aula. Por exemplo, baseamo-nos em nossas memórias de características anatômicas específicas para identificar amigos e familiares e observamos mudanças sutis de movimentos ou posições corporais que fornecem pistas sobre pensamentos e sentimentos. Precisamente, anatomia é o estudo de estruturas externas e internas e da relação física entre as partes do corpo. Entretanto, em termos práticos, anatomia é a observação cuidadosa do corpo humano. Informações anatômicas oferecem indícios sobre prováveis funções; fisiologia é o estudo da função, e os mecanismos fisiológicos só podem ser explicados em termos da anatomia subjacente. *Todas as funções específicas são desempenhadas por estruturas específicas.* Por exemplo, a filtragem, o aquecimento e a umidificação do ar inspirado são funções da cavidade nasal. Os formatos dos ossos que se projetam na cavidade nasal causam turbilhonamento do ar inalado contra seu revestimento úmido. Este contato aquece e umidifica o ar, e faz também com que partículas suspensas fiquem aderidas a esta superfície úmida. Assim, o ar é condicionado e filtrado antes de chegar aos pulmões.

A ligação entre estrutura e função está sempre presente, mas nem sempre é compreendida. Por exemplo, a anatomia de superfície do coração foi claramente descrita no século XV, porém quase 200 anos passaram-se até que a ação de bombeamento do coração pudesse ser demonstrada. Por outro lado, muitas funções celulares importantes foram reconhecidas décadas antes que a microscopia eletrônica pudesse revelar suas bases anatômicas.

Este texto discutirá as estruturas anatômicas e funções que tornam possível a vida humana. Os objetivos são ajudá-lo a desenvolver uma compreensão tridimensional das relações anatômicas assim como prepará-lo para cursos mais avançados de anatomia, fisiologia e tópicos relacionados, auxiliando-o também a tomar decisões fundamentadas sobre sua saúde pessoal.

Anatomia microscópica [Figura 1.1]

A **anatomia microscópica** considera estruturas que não podem ser vistas a olho nu. Os limites da anatomia microscópica são estabelecidos pelas restrições do equipamento utilizado (Figura 1.1). Uma simples lupa pode mostrar detalhes que escapariam a olho nu, enquanto o microscópio eletrônico é capaz de evidenciar detalhes estruturais menores que 1 micra (μ). Conforme progredirmos no texto, encontraremos detalhes consideráveis em todos os níveis, da macroscopia à microscopia. (Leitores que não estão familiarizados com os termos usados para descrever medidas e pesos nesta escala de tamanho podem consultar as tabelas de referência no Apêndice, págs. 820-821.)

A anatomia microscópica pode ser subdividida em especialidades considerando-se características dentro de uma determinada escala de tamanho. A **citologia** analisa a estrutura interna das **células**, as menores unidades vivas. Células vivas são compostas de complexos químicos em várias combinações, e nossas vidas dependem destes processos que ocorrem nos trilhões de células que formam o nosso corpo.

A **histologia** considera uma perspectiva mais ampla e examina os **tecidos**, grupos de células especializadas e produtos celulares que, em conjunto, desempenham funções específicas. As células do corpo humano podem ser classificadas em quatro tipos de tecidos, descritos no Capítulo 3.

A combinação dos tecidos forma **órgãos**, como coração, rins, fígado e encéfalo. Os órgãos são unidades anatômicas com muitas funções. Muitos tecidos e muitos órgãos são examinados facilmente sem o uso do microscópio, e neste ponto pode-se cruzar o limiar entre a anatomia microscópica e a anatomia macroscópica.

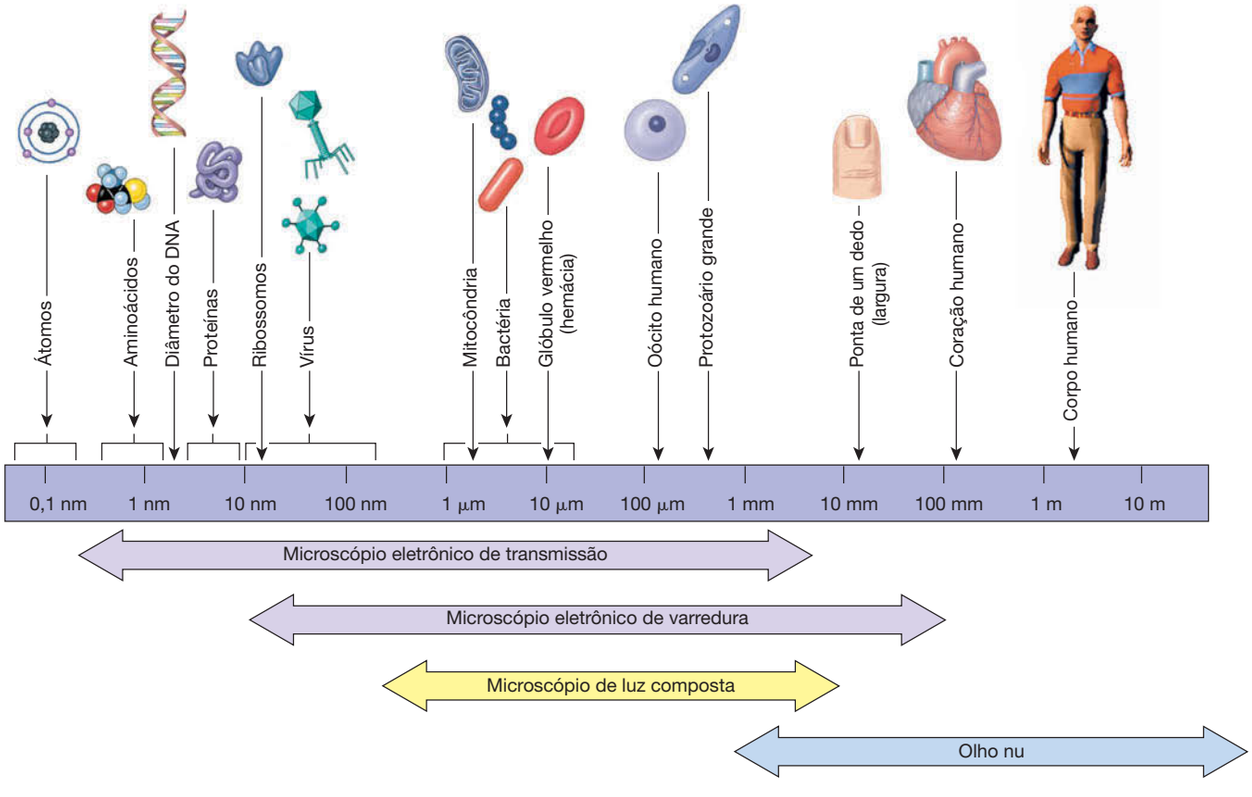


Figura 1.1 O estudo da anatomia em diferentes escalas.
A quantidade de detalhes reconhecidos depende do método de estudo e do grau de ampliação.

Anatomia macroscópica

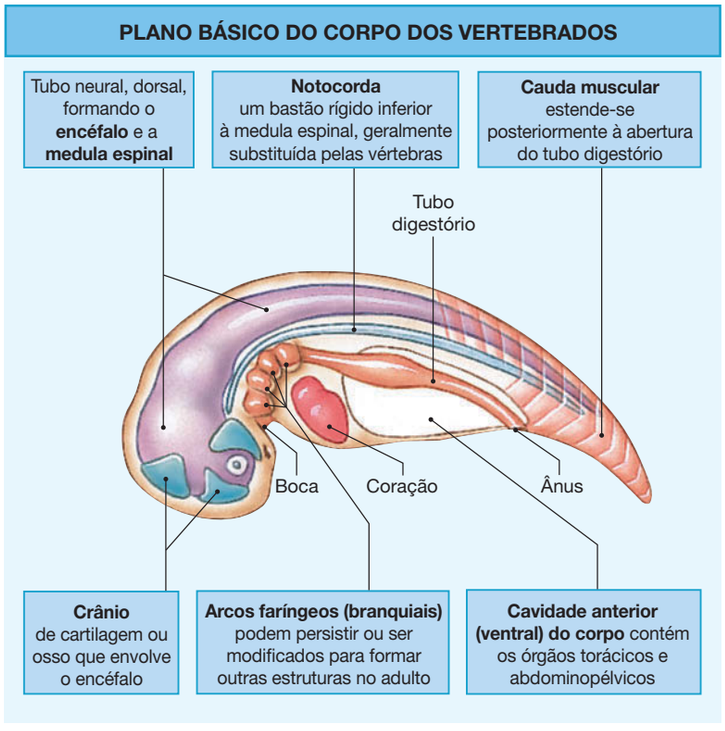
A **anatomia macroscópica** considera as grandes estruturas e características visíveis a olho nu. Existem várias maneiras de se abordar a anatomia macroscópica:

- *Anatomia de superfície* – trata do estudo da forma geral, ou *morfologia*, e dos pontos de referência anatômica superficiais.
- *Anatomia regional (topográfica)* – considera todas as características internas e superficiais em uma determinada área do corpo, como a cabeça, o pescoço ou o tronco. Cursos avançados em anatomia freqüentemente reforçam a abordagem regional, sobretudo porque ela enfatiza as relações espaciais entre as estruturas já pressupostamente conhecidas pelos estudantes.
- *Anatomia sistêmica (descritiva)* – considera a estrutura dos principais *sistemas de órgãos* do corpo humano, como os sistemas esquelético e muscular. Os sistemas são grupos de órgãos que funcionam em conjunto para produzir efeitos coordenados. Por exemplo, o coração, o sangue e os vasos sangüíneos constituem o *sistema circulatório*, que distribui oxigênio e nutrientes por todo o corpo. Existem 11 sistemas no corpo humano, os quais serão introduzidos mais adiante neste mesmo capítulo. Textos introdutórios em anatomia, inclusive este, utilizam a abordagem sistêmica porque ela oferece uma boa estrutura para a organização de informações sobre importantes padrões estruturais e funcionais.

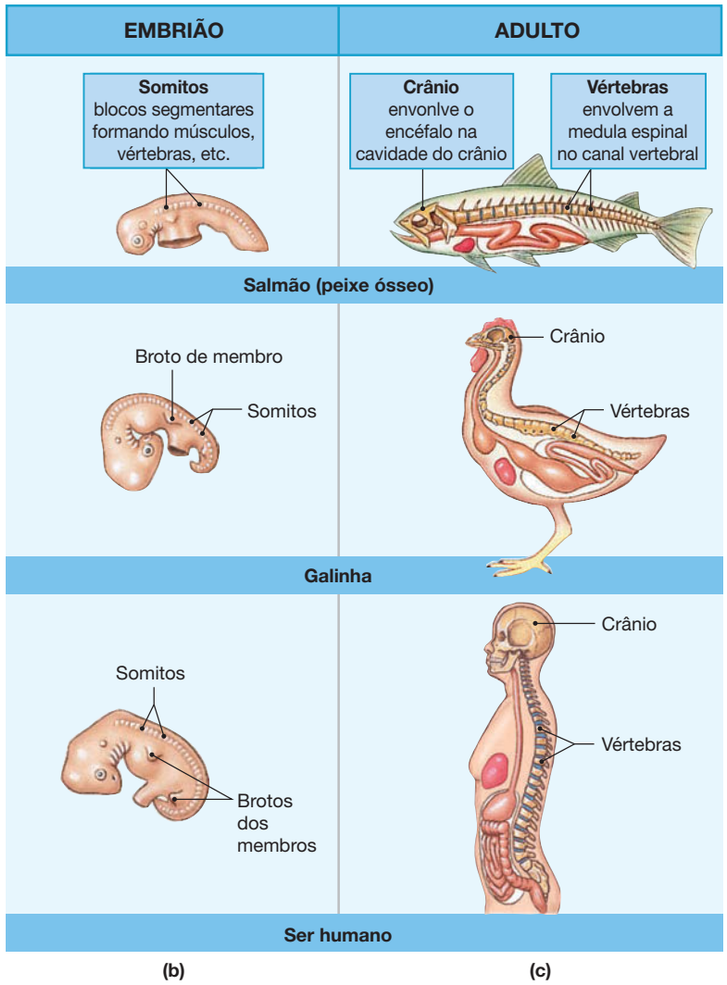
Outras perspectivas em anatomia [Figura 1.2]

Outras especialidades (enfoques) da anatomia serão encontradas neste texto.

- *Anatomia do desenvolvimento* – examina as mudanças que ocorrem na forma durante o período entre a concepção e a maturidade física. A anatomia do desenvolvimento envolve a macro e a microscopia, pois considera uma gama ampla de escala de tamanho (desde uma simples célula a um corpo humano adulto). É importante na medicina porque muitas estruturas anormais podem resultar de erros que ocorrem durante o desenvolvimento. As mais importantes modificações estruturais têm lugar nos dois primeiros meses de desenvolvimento. A **embriologia** é o estudo destes processos iniciais de desenvolvimento.
- *Anatomia comparativa* – considera a organização anatômica em diferentes tipos de animais. Observa semelhanças que podem refletir correlações evolucionárias. Humanos, lagartos e tubarões são chamados de *vertebrados* porque possuem uma combinação de características anatômicas que não são encontradas em outros grupos de animais. Todos os vertebrados possuem uma coluna vertebral composta de unidades individuais, denominadas *vértebras*. A anatomia comparativa usa técnicas da anatomia macroscópica, microscópica e da anatomia do desenvolvimento. A anatomia do desenvolvimento demonstra que animais tipicamente relacionados apresentam um processo muito parecido nos seus estágios de desenvolvimento (Figura 1.2).



(a)



(b) (c)

Figura 1.2 Anatomia comparativa.
(a) Humanos são classificados como *vertebrados*, grupo que inclui animais de aparências diversas, como peixe, galinha e gato. Todos os vertebrados compartilham um padrão básico de organização anatômica que os diferencia de outros animais. As semelhanças são freqüentemente mais aparentes na comparação entre embriões em estágios equivalentes de desenvolvimento **(b)** do que na comparação entre adultos vertebrados **(c)**.

Muitas outras especialidades da anatomia macroscópica são importantes no diagnóstico médico.

- *Anatomia clínica* – concentra-se nas características anatômicas que podem sofrer modificações patológicas identificáveis ao longo do processo de desenvolvimento de uma doença.
- *Anatomia cirúrgica* – estuda marcadores anatômicos de referência importantes para procedimentos cirúrgicos.
- *Anatomia por imagem (radiológica)* – envolve o estudo de estruturas anatômicas visualizadas por raios X, imagens de ultra-som ou outro procedimento realizado em um corpo intacto.
- *Anatomia seccional* – surgiu como uma nova subespecialidade da anatomia macroscópica acompanhando os avanços da anatomia por imagem, como o exame de TC (tomografia computadorizada) e a IRM (imagem de ressonância magnética).

Nota clínica

Doença, patologia e diagnóstico O nome formal para o estudo de doenças é **patologia**. Doenças diferentes tipicamente produzem sinais e sintomas semelhantes. Por exemplo, uma pessoa com lábios mais pálidos do que o normal, queixando-se de falta de energia e falta de ar, pode apresentar (1) problemas respiratórios que impedem a transferência normal de oxigênio para o sangue (como em um *enfisema*); (2) problemas cardiovasculares que interferem com a circulação sangüínea normal para todas as partes do corpo (insuficiência cardíaca); ou (3) uma deficiência na capacidade de transportar quantidades de oxigênio adequadas no sangue, devido a perdas sangüíneas ou problemas na produção do sangue. Nesses casos, os médicos devem investigar e coletar informações do paciente para determinar a origem do problema. A história do paciente e o exame físico podem ser suficientes para um diagnóstico em muitos casos. Entretanto, testes laboratoriais e estudos de imagem como raios X são freqüentemente necessários.

Diagnóstico é uma decisão sobre a natureza de uma doença. O processo diagnóstico é, muitas vezes, um processo de eliminação, no qual diversas causas potenciais são avaliadas e a mais provável é selecionada. Isso nos leva a um conceito-chave: *Todo procedimento diagnóstico pressupõe uma compreensão da estrutura e função normais do corpo humano.*

REVISÃO DOS CONCEITOS

1. Um histologista investiga estruturas em que nível de organização?
2. Qual(is) nível(is) de organização é (são) estudados por um anatomista macroscópico?
3. Quais são os principais aspectos que diferenciam o estudo da anatomia regional do estudo da anatomia sistêmica?

Veja a seção de Respostas na parte final do livro.

Níveis de organização [Figuras 1.3/1.4]

Nosso estudo do corpo humano começará com uma revisão da anatomia celular e continuará com a anatomia macroscópica e microscópica de cada sistema. Quando consideramos eventos da escala microscópica para a macroscópica, estamos examinando vários *níveis de organização* interdependentes.

Começamos com o *nível de organização molecular* ou *químico*. O corpo humano consiste em mais de uma dúzia de elementos diferentes, mas quatro deles (hidrogênio, oxigênio, carbono e nitrogênio) somam mais de 99% do total de número de átomos (**Figura 1.3a**). No nível molecular ou químico, os átomos interagem para formar compostos tridimensionais com propriedades distintas. As principais classes de compostos no corpo humano estão indicadas na **Figura 1.3b**.

A **Figura 1.4** apresenta um exemplo das relações entre o nível molecular e níveis superiores de organização. O *nível celular de organização* inclui as *células*, as menores unidades vivas do corpo humano. As células contêm estruturas internas chamadas de *organelas*. As células e suas organelas são constituídas por complexos químicos. A estrutura celular e a função das principais organelas serão apresentadas no Capítulo 2. Na **Figura 1.4**, interações químicas produzem proteínas complexas dentro de uma *célula muscular* do coração. Células musculares são diferenciadas porque podem contrair-se fortemente, encurtando sua extensão no eixo longitudinal.

As células do músculo do coração são conectadas umas às outras e formam um *tecido muscular* específico, o que pode ser entendido como um exemplo de *nível de organização tecidual*. Camadas de tecido muscular formam a massa tecidual da parede do coração, um órgão oco e tridimensional. Assim, encontramo-nos agora no *nível orgânico* de organização.

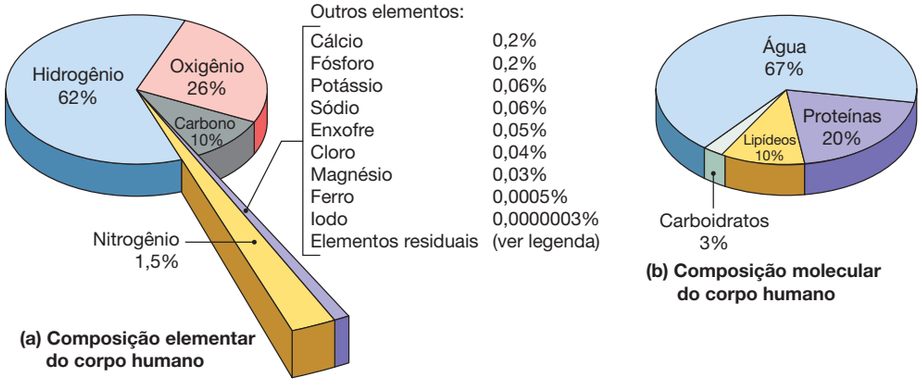
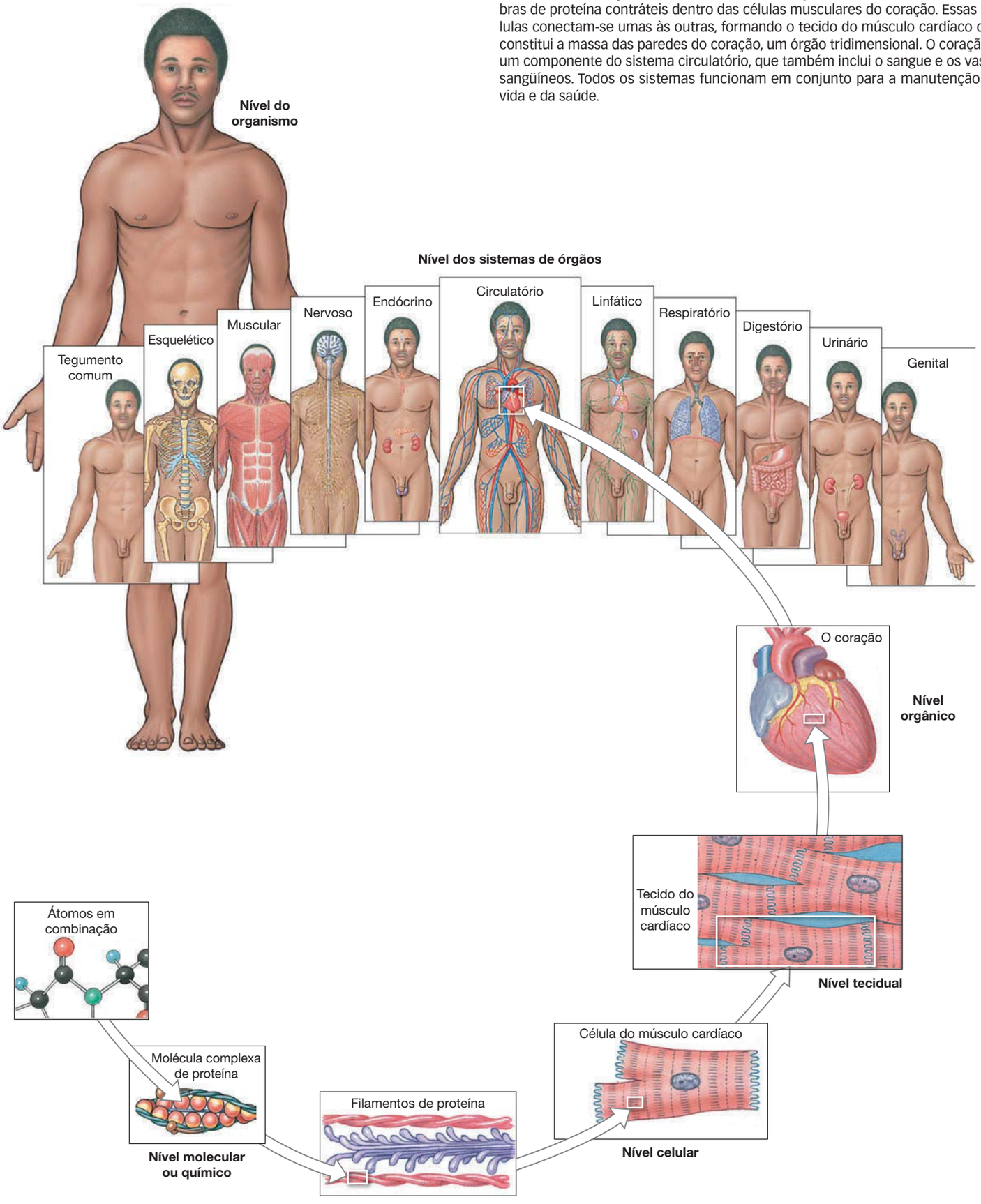


Figura 1.3 Composição do corpo no nível molecular de organização.
A composição percentual dos elementos e das principais moléculas. **(a)** Composição elementar do corpo. Elementos residuais incluem sílica, flúor, cobre, manganês, zinco, selênio, cobalto, molibdênio, cádmio, cromo, estanho, alumínio e boro. **(b)** Composição molecular do corpo.

Figura 1.4 Níveis de organização.
Átomos em interação constituem moléculas organizadas em complexos de fibras de proteína contráteis dentro das células musculares do coração. Essas células conectam-se umas às outras, formando o tecido do músculo cardíaco que constitui a massa das paredes do coração, um órgão tridimensional. O coração é um componente do sistema circulatório, que também inclui o sangue e os vasos sangüíneos. Todos os sistemas funcionam em conjunto para a manutenção da vida e da saúde.



O funcionamento normal do coração depende de eventos inter-relacionados nos níveis molecular, celular, tecidual e orgânico. Contrações coordenadas nas células musculares adjacentes do tecido do músculo cardíaco produzem os batimentos. Esses batimentos, aliados às características anatômicas internas deste órgão, produzem o efeito de bombeamento. A cada contração, o coração ejeta o sangue através da rede vascular. Juntos, o coração, o sangue e os vasos sangüíneos constituem o *sistema circulatório*.

Cada nível de organização é totalmente dependente dos demais, ou seja, lesões em nível celular, tecidual ou orgânico podem afetar todo o sistema. Assim, modificações químicas nas células do músculo do coração podem causar contrações anômalas ou mesmo interromper os batimentos cardíacos. Lesões físicas no tecido muscular, como em um ferimento torácico, podem afetar a eficiência dos batimentos cardíacos, mesmo que a maior parte das células e do próprio músculo cardíaco estejam perfeitamente normais. Uma anomalia congênita na estrutura do coração pode afetar a eficiência da capacidade de bombeamento, mesmo que as células e tecidos musculares estejam perfeitamente normais.

Finalmente, deve-se mencionar que algo que afeta o sistema afetará também seus componentes. Por exemplo, o coração pode perder eficiência em sua capacidade de bombeamento após intensa perda sangüínea por lesão de um grande vaso do corpo. Se o coração não pode bombear e o sangue não flui, o oxigênio e os nutrientes não são distribuídos. Em um curto espaço de tempo inicia-se o processo de morte celular e a conseqüente degeneração tecidual no coração.

É evidente que as modificações que ocorrem quando o coração não está bombeando de forma efetiva não se restringem ao sistema circulatório; as células de todos os tecidos e órgãos do corpo também serão danificadas. Esta observação nos conduz a um outro nível de organização mais elevado: o do *organismo*, neste caso, o ser humano. Esse nível reflete as interações entre os sistemas, todos eles vitais e cada qual funcionando de modo adequado e harmônico com todos os outros, viabilizando a sobrevivência. Quando todos os sistemas funcionam normalmente, as características do ambiente interno serão relativamente estáveis em todos os níveis, o que chamamos de **homeostase** (*homeo*, constante + *stasis*, condição).

Nota clínica

O diagnóstico da doença *Homeostase* é a manutenção de um ambiente interno relativamente constante e adequado para a sobrevivência das células e dos tecidos do corpo. Falhas na manutenção da condição homeostática constituem **doença**. Os processos das doenças podem afetar inicialmente um tecido, um órgão ou um sistema específico, mas em última instância levarão a mudanças de função ou na estrutura das células do corpo. Algumas doenças podem ser superadas pelas defesas corporais. Outras exigem intervenção e assistência. Por exemplo, quando ocorre um traumatismo e há sangramento intenso ou lesão de órgãos internos, a intervenção cirúrgica pode ser necessária para restabelecer a homeostase e impedir complicações potencialmente fatais.

Introdução aos sistemas de órgãos [Figuras 1.5/1.6]

A Figura 1.5 fornece uma visão geral dos 11 sistemas do corpo humano. A Figura 1.6 apresenta os principais órgãos de cada sistema. Todos os organismos vivos compartilham propriedades e processos vitais:

- **Responsividade:** Os organismos respondem a modificações em seus ambientes imediatos, e esta propriedade é também conhecida como *irritabilidade (excitabilidade)*. Um exemplo corriqueiro é a ação reflexa de se retirar a mão rapidamente quando se toca algo muito quente; ou, no caso dos animais, os cães latirem à aproximação de estranhos; ou os peixes assustarem-se com ruídos fortes; ou mesmo as amebas deslizarem em direção a presas potenciais. Os organismos também passam por modificações mais duradouras conforme se ajustam aos seus ambientes. Por exemplo, com a aproximação do inverno, alguns animais adensam sua pelagem; outros migram para locais mais quentes. Este tipo de capacidade é denominado *adaptabilidade*.

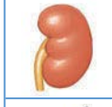
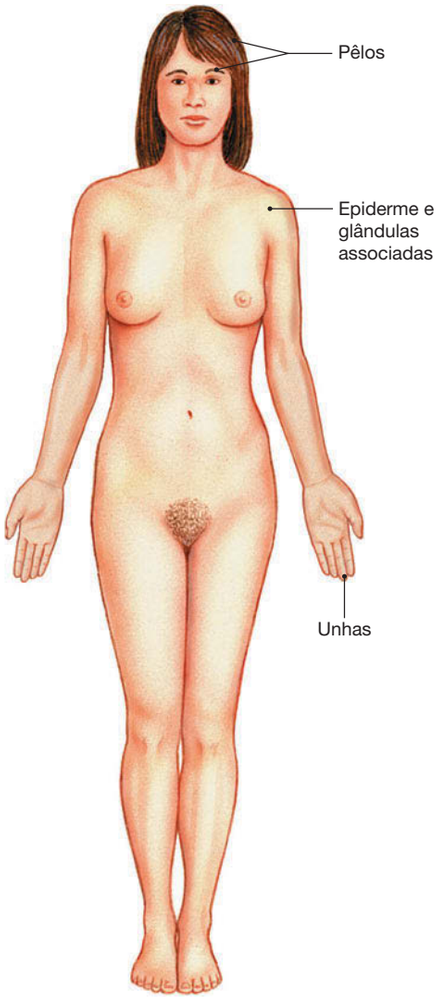
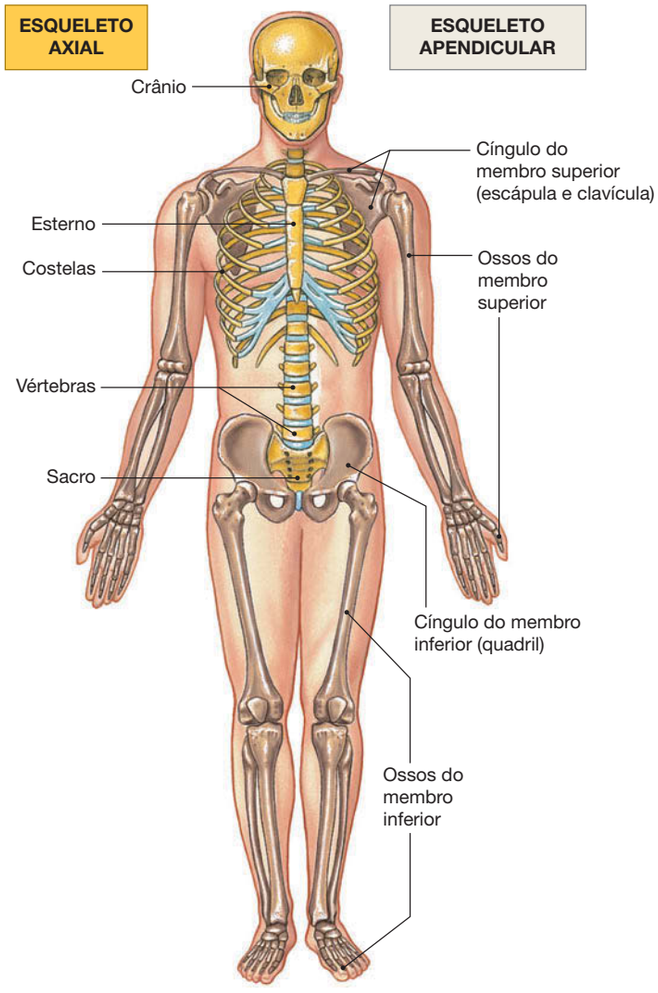
SISTEMAS		PRINCIPAIS FUNÇÕES
	Tegumento comum	Proteção contra possíveis agressões do meio ambiente externo; controle de temperatura
	Sistema esquelético	Sustentação, proteção de tecidos moles; armazenamento de minerais; formação de células sangüíneas
	Sistema muscular	Locomoção, sustentação, produção de calor
	Sistema nervoso	Direcionamento de respostas imediatas a estímulos, geralmente por meio da coordenação de atividades de outros sistemas de órgãos
	Sistema endócrino	Direcionamento de modificações a longo prazo na atividade de outros sistemas de órgãos
	Sistema circulatório	Transporte interno de células e substâncias solúveis como nutrientes, resíduos e gases
	Sistema linfático	Defesa contra infecções e doenças
	Sistema respiratório	Distribuição de ar para regiões onde ocorre a difusão de gases entre o ar e o sangue circulante
	Sistema digestório	Processamento de alimentos e absorção de nutrientes orgânicos, minerais, vitaminas e água
	Sistema urinário	Eliminação do excesso de água, sais e produtos residuais; controle de pH
	Sistema genital	Produção de células reprodutivas e hormônios

Figura 1.5 Uma introdução aos sistemas de órgãos.
Uma visão geral dos 11 sistemas de órgãos e suas principais funções.



(a) Tegumento comum.
Protege contra possíveis agressões do meio ambiente externo; ajuda no controle da temperatura corporal.

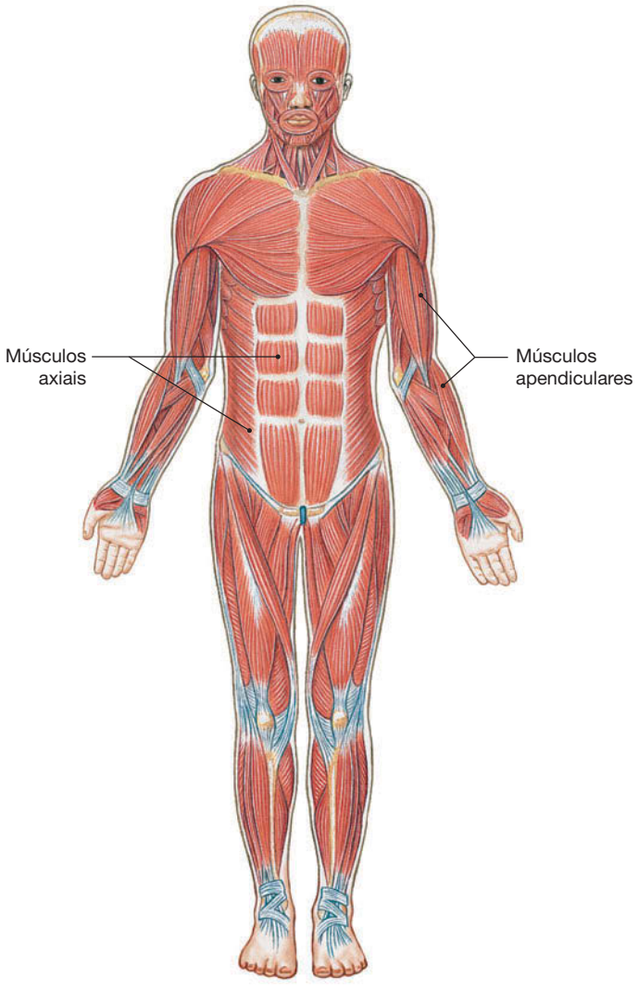


(b) Sistema esquelético.
Provê sustentação; protege tecidos; armazena minerais; forma células sangüíneas.

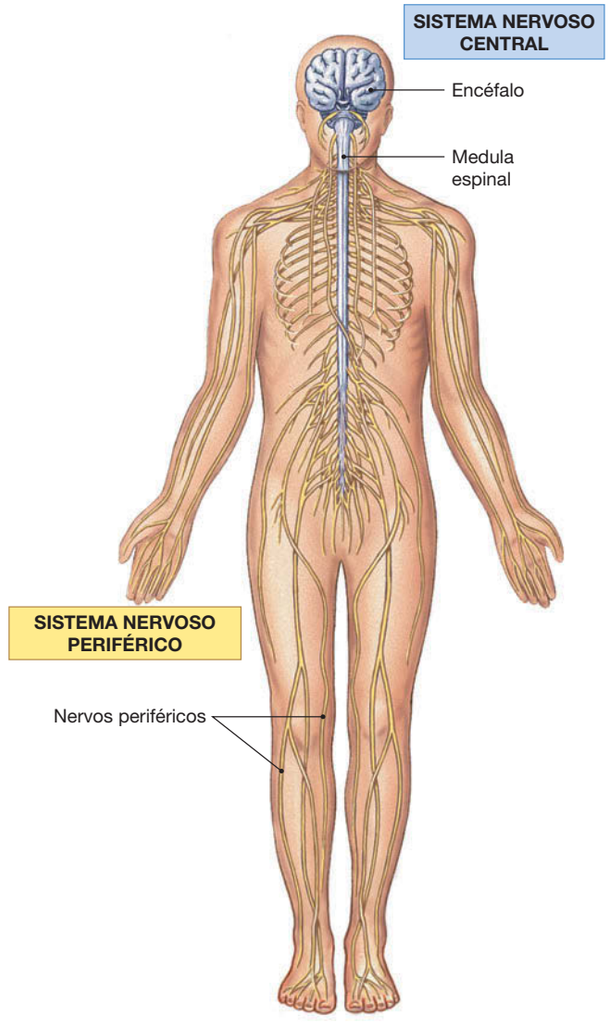
Figura 1.6 **Os sistemas de órgãos do corpo humano.**

Órgão/componente	Funções principais
PELE (Cútis)	
Epiderme	Recobre a superfície; protege tecidos profundos
Derme	Nutre a epiderme; oferece resistência; contém glândulas
FOLÍCULOS PILOSOS	Produzem pêlos; a inervação oferece sensibilidade
Cabelos	Fornecem alguma proteção para a cabeça
Glândulas sebáceas	Secretam cobertura lipídica que lubrifica o eixo do pêlo e a epiderme
GLÂNDULAS SUDORÍFERAS (SUDORÍPARAS)	Produzem perspiração para resfriamento por evaporação
UNHAS	Protegem e enrijecem a porção distal dos dedos
TERMINAÇÕES NERVOSAS SENSITIVAS (RECEPTORES)	Permitem a sensação de tato, pressão, dor e temperatura
TELA SUBCUTÂNEA (HIPODERME)	Armazena lipídeos; conecta a pele com as estruturas mais profundas

Órgão/componente	Funções principais
OSSOS, CARTILAGENS E ARTICULAÇÕES	Sustentam, protegem tecidos moles; os ossos armazenam minerais
Esqueleto axial (crânio, vértebras, sacro, cóccix, esterno, cartilagens de sustentação e ligamentos)	Protege o encéfalo, a medula espinal, órgãos dos sentidos e tecidos moles da cavidade torácica; sustenta o peso do corpo sobre os membros inferiores
Esqueleto apendicular (membros, cíngulos e ligamentos)	Proporciona a sustentação interna e o posicionamento dos membros; sustenta e movimenta o esqueleto axial
MEDULA ÓSSEA	Local primário de produção de células sangüíneas (medula vermelha ou rubra); armazenamento de reserva energética em células de gordura (medula amarela ou flava)



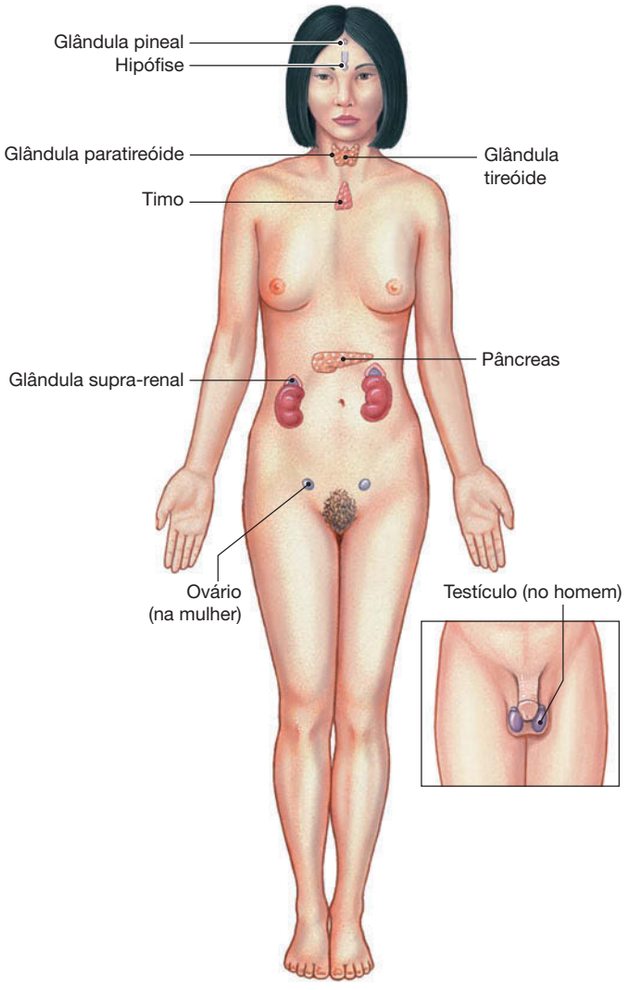
(c) Sistema muscular.
Permite a locomoção; proporciona sustentação; produz calor.



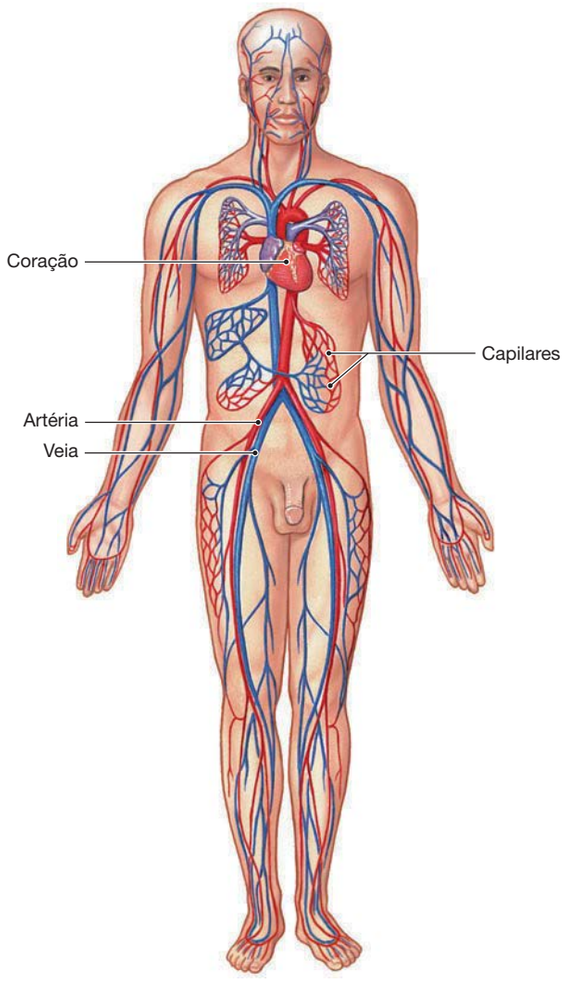
(d) Sistema nervoso.
Direciona respostas imediatas a estímulos, geralmente por meio da coordenação das atividades de outros sistemas de órgãos.

Órgão/componente	Funções principais
MÚSCULOS ESQUELÉTICOS (700)	Permitem o movimento esquelético; controlam o acesso aos tratos digestório e respiratório e as saídas dos tratos digestório e urinário; produzem calor; sustentam o esqueleto; protegem os tecidos moles
Músculos axiais	Sustentam e posicionam o esqueleto axial
Músculos apendiculares	Sustentam, movimentam e envolvem os membros
TENDÕES E APONEUROSES	Utilizam as forças das contrações para desempenhar tarefas específicas

Órgão/componente	Funções principais
SISTEMA NERVOSO CENTRAL (SNC)	Age como o centro de controle para o sistema nervoso; processa informação; oferece controle a curto prazo sobre atividades de outros sistemas
Encéfalo	Desempenha funções complexas de integração; controla tanto atividades voluntárias quanto autônomas
Medula espinal	Transmite informações do e para o encéfalo; desempenha funções de integração menos complexas; dirige muitas atividades autônomas simples
Sentidos especiais	Oferecem informações sensoriais ao encéfalo relativas à visão, audição, olfação, gustação e equilíbrio
SISTEMA NERVOSO PERIFÉRICO (SNP)	Conecta o SNC com outros sistemas e órgãos dos sentidos



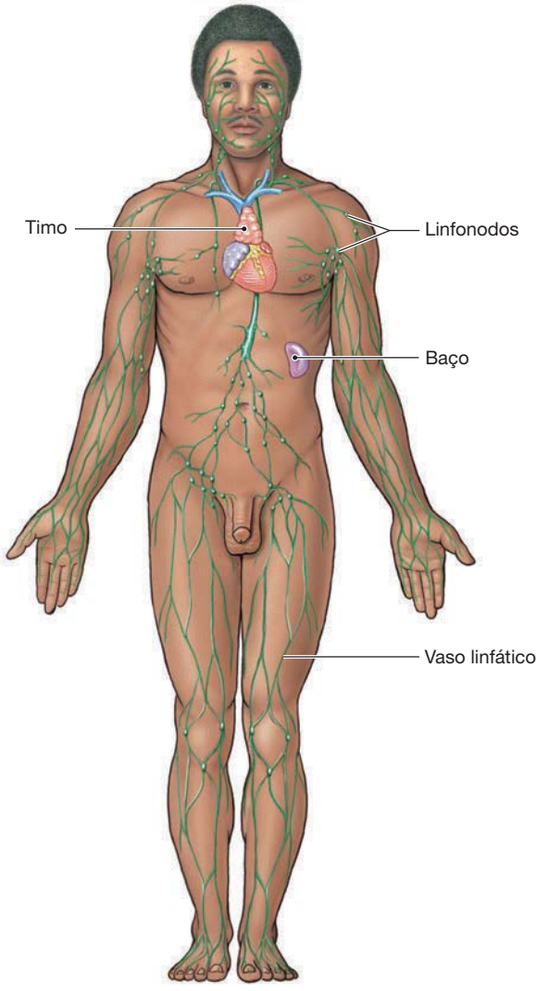
(e) Sistema endócrino.
Estimula as modificações nas atividades de outros sistemas, com efeitos a longo prazo.



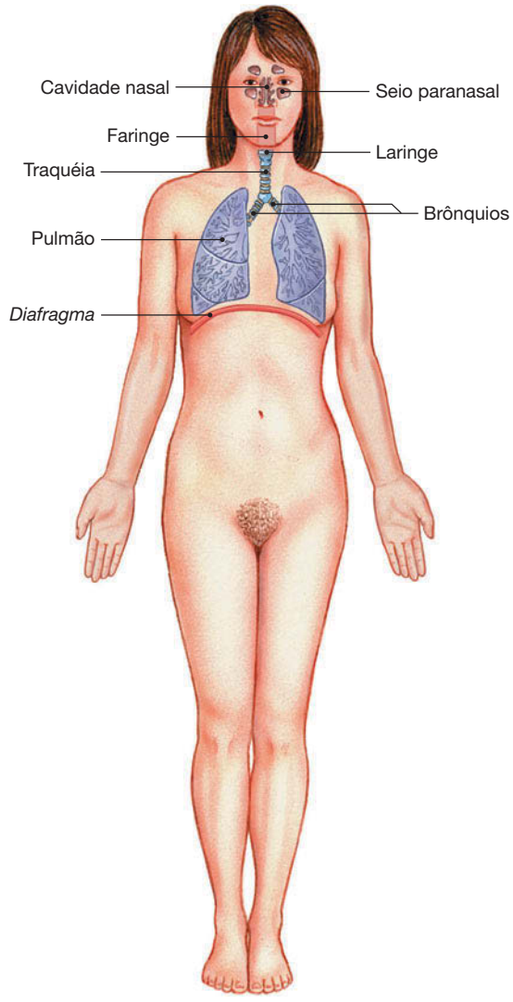
(f) Sistema circulatório.
Transporta as células e material solúvel incluindo nutrientes, resíduos e gases.

Órgão/componente	Funções principais
GLÂNDULA PINEAL	Pode controlar o ciclo reprodutivo e ajustar o ritmo circadiano (dia/noite)
HIPÓFISE	Controla outras glândulas endócrinas; regula o crescimento e o equilíbrio dos fluidos
GLÂNDULA TIREÓIDE	Controla a taxa metabólica dos tecidos; regula os níveis de cálcio
GLÂNDULAS PARATIREÓIDES	Regulam os níveis de cálcio (com a glândula tireóide)
TIMO	Controla a maturação dos linfócitos
GLÂNDULAS SUPRA-RENAIS	Ajustam o equilíbrio hídrico, o metabolismo tecidual, a atividade cardiovascular e respiratória
RINS	Controlam a produção de hemácias e elevam a pressão sangüínea
PÂNCREAS	Regula o nível de glicose no sangue
GÔNADAS	
Testículos	Imprimem no organismo as características sexuais masculinas e mantêm as funções reprodutivas *(ver Figura 1.6k)*
Ovários	Imprimem no organismo as características sexuais femininas e mantêm as funções reprodutivas *(ver Figura 1.6l)*

Órgão/componente	Funções principais
CORAÇÃO	Propele o sangue; mantém a pressão sangüínea
VASOS SANGÜÍNEOS	Distribuem sangue pelo corpo
Artérias	Conduzem o sangue do coração aos capilares
Capilares	Permitem difusão entre o sangue e o líquido intersticial
Veias	Levam o sangue dos capilares de volta ao coração
SANGUE	Transporta oxigênio, dióxido de carbono e células sangüíneas; conduz nutrientes e hormônios; remove produtos residuais; auxilia na regulação da temperatura e na defesa contra doenças



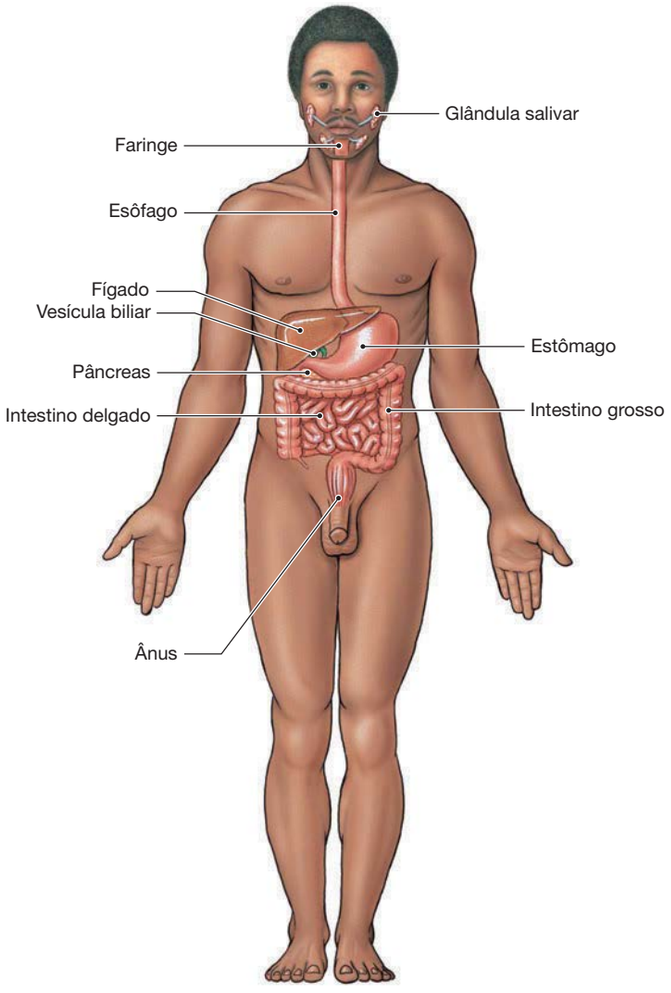
(g) Sistema linfático.
Defende o organismo contra doenças e infecções; leva o líquido intersticial de volta para a corrente sangüínea.



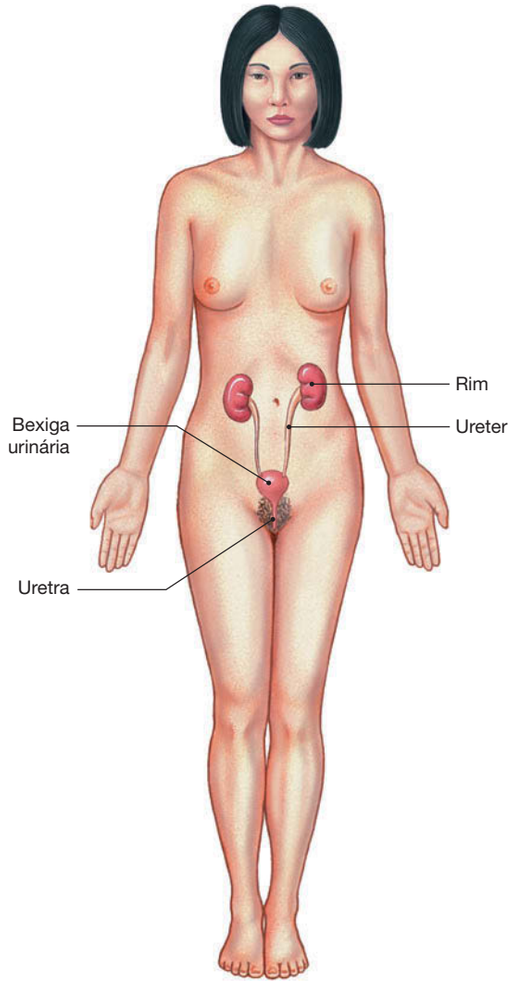
(h) Sistema respiratório.
Conduz o ar para regiões onde ocorre a difusão de gases entre o ar e o sangue circulante.

Órgão/componente	Funções principais
VASOS LINFÁTICOS	Conduzem a linfa (água e proteínas) e os linfócitos dos tecidos periféricos às veias do sistema circulatório
LINFONODOS	Monitoram a composição da linfa; fagocitam patógenos; estimulam a resposta imunológica
BAÇO	Monitora o sangue circulante; fagocita patógenos; renova hemácias; estimula a resposta imunológica
TIMO	Controla o desenvolvimento e a manutenção de uma classe de linfócitos (células T)

Órgão/componente	Funções principais
CAVIDADES NASAIS E SEIOS PARANASAIS	Filtram, aquecem e umidificam o ar; detectam odores
FARINGE	Conduz o ar para a laringe; é uma câmara que integra também o trato digestório *(ver Figura 1.6i)*
LARINGE	Protege a abertura da traquéia e contém as pregas vocais
TRAQUÉIA	Filtra o ar, retém partículas no muco; as cartilagens mantêm aberta a via respiratória
BRÔNQUIOS	(Mesmas funções da traquéia) por meio de mudanças de volume
PULMÕES	Responsáveis pelo deslocamento do ar durante o movimento das costelas e do diafragma; incluem vias respiratórias e alvéolos
Alvéolos	Local de difusão de gases entre o ar e o sangue



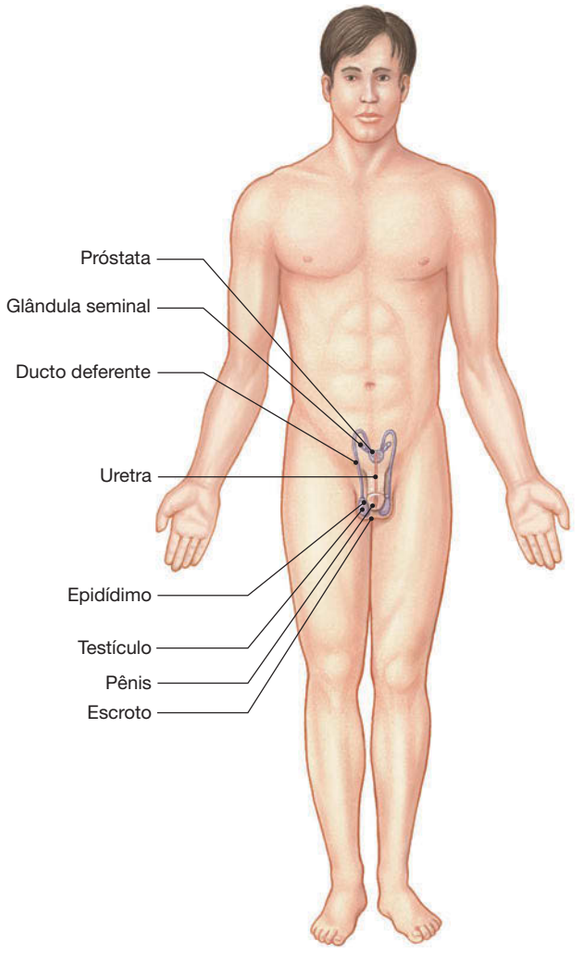
(i) Sistema digestório.
Processa os alimentos e absorve os nutrientes.



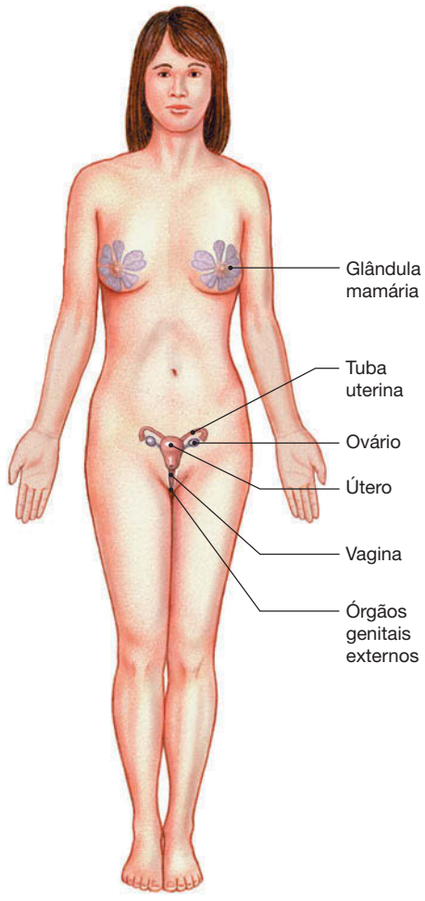
(j) Sistema urinário.
Elimina o excesso de água, sais e produtos residuais.

Órgão/componente	Funções principais
BOCA	Receptáculo para os alimentos; funciona com estruturas associadas (dentes, língua) para triturar os alimentos, além de impulsionar o bolo alimentar e líquidos para a faringe
GLÂNDULAS SALIVARES	Oferecem lubrificação e produzem substâncias neutralizadoras de pH ou tampão (*buffers*); produzem enzimas que iniciam a digestão
FARINGE	Conduz alimentos sólidos e líquidos para o esôfago; órgão que também integra o sistema respiratório *(ver Figura 1.6h)*
ESÔFAGO	Conduz os alimentos até o estômago
ESTÔMAGO	Secreta ácidos e enzimas
INTESTINO DELGADO	Secreta enzimas digestivas, substâncias-tampão e hormônios; absorve nutrientes
FÍGADO	Secreta bile, regula a composição de nutrientes do sangue
VESÍCULA BILIAR	Armazena e concentra a bile para liberá-la no intestino delgado
PÂNCREAS	Secreta enzimas digestivas e substâncias-tampão; contém células endócrinas *(ver Figura 1.6e)*
INTESTINO GROSSO	Remove água do material fecal; armazena resíduos

Órgão/componente	Funções principais
RINS	Formam e concentram urina; regulam o pH e a concentração de íons no sangue; desempenham funções endócrinas *(ver Figura 1.6e)*
URETERES	Conduzem a urina dos rins à bexiga urinária
BEXIGA URINÁRIA	Armazena urina para posterior eliminação
URETRA	Conduz a urina para o meio exterior



(k) Sistema genital masculino.
Produz células sexuais e hormônios.



(l) Sistema genital feminino.
Produz células sexuais e hormônios; propicia o desenvolvimento embrionário, desde a fecundação até o nascimento.

Órgão/componente	Funções principais
TESTÍCULOS	Produzem espermatozóides e hormônios *(ver Figura 1.6e)*
ÓRGÃOS ACESSÓRIOS	
Epidídimo	Atua como local de maturação dos espermatozóides
Ducto deferente (ducto espermático)	Conduz espermatozóides a partir do epidídimo e une-se ao ducto da glândula seminal
Glândulas seminais	Secretam o líquido que constitui grande parte do volume do sêmen (esperma)
Próstata	Secreta fluidos e enzimas
Uretra	Conduz o sêmen para o meio exterior
ÓRGÃOS GENITAIS EXTERNOS	
Pênis	Contém tecido erétil; deposita esperma na vagina; produz sensações de prazer durante a atividade sexual
Escroto	Envolve os testículos e controla sua temperatura

Órgão/componente	Funções principais
OVÁRIOS	Produzem oócitos e hormônios *(ver Figura 1.6e)*
TUBAS UTERINAS	Conduzem o oócito ou o embrião ao útero; local onde normalmente ocorre a fecundação
ÚTERO	Local do desenvolvimento embrionário e das trocas entre as correntes sangüíneas embrionária e materna
VAGINA	Local de deposição de esperma; canal de passagem do bebê ao nascimento; abertura para eliminação de líquidos durante o período menstrual
ÓRGÃOS GENITAIS EXTERNOS	
Clitóris	Contém tecido erétil; produz sensações de prazer durante a atividade sexual
Lábios maiores e menores do pudendo	Contêm glândulas que lubrificam a entrada da vagina
GLÂNDULAS MAMÁRIAS	Produzem leite para a nutrição do recém-nascido

- **Crescimento e diferenciação:** Ao longo do período de vida, os organismos crescem por meio do aumento do tamanho e número de suas células. Em organismos multicelulares, as células individuais especializam-se para desempenhar funções particulares. Esta especialização é denominada **diferenciação**. O crescimento e a diferenciação nas células e nos organismos geralmente produzem modificações em forma e função. Por exemplo, as proporções anatômicas e capacidades fisiológicas de um adulto humano são bastante diferentes das de uma criança.
- **Reprodução:** Os organismos se reproduzem, criando gerações subseqüentes de indivíduos do seu próprio tipo, seja ele unicelular ou multicelular.

- **Movimento:** Os organismos são capazes de produzir movimentos, que podem ser internos (transportando alimento, sangue e outros materiais dentro do corpo) ou externos (movendo-se no seu ambiente).
- **Metabolismo e excreção:** Os organismos dependem de reações químicas complexas, que fornecem a energia que viabiliza responsividade, crescimento, reprodução e movimento; além disso, os organismos também precisam sintetizar complexos químicos como a proteína. O termo **metabolismo** refere-se a todas as reações químicas que ocorrem no organismo: *catabolismo* é a quebra de moléculas complexas em moléculas simples e *anabolismo* é a síntese de moléculas complexas a partir de moléculas simples. Operações metabólicas normais exigem a **absorção** de materiais advindos do meio ambiente. Para gerar energia de modo eficiente, a maior parte das células necessita de vários nutrientes, assim como de oxigênio, um gás atmosférico. O termo **respiração** refere-se à absorção, ao transporte e ao uso do oxigênio pelas células. As operações metabólicas freqüentemente geram produtos desnecessários e potencialmente prejudiciais que precisam ser eliminados, o que ocorre no processo de **excreção**.

Para seres vivos muito pequenos, a absorção, a respiração e a excreção envolvem a troca de materiais com o meio ambiente através de superfícies expostas. Porém, organismos de proporções maiores do que alguns milímetros raras vezes absorvem nutrientes diretamente do meio ambiente. Por exemplo, seres humanos não absorvem bifes, maçãs ou sorvetes diretamente! Antes, é necessário que haja uma alteração na estrutura química dos alimentos para possibilitar a absorção dos seus nutrientes. Este processo, chamado de **digestão**, ocorre em áreas especializadas onde alimentos complexos podem ser quebrados em componentes simples que podem ser absorvidos facilmente. A respiração e a excreção também são mais elaboradas em organismos maiores, havendo órgãos especializados responsáveis pela difusão de gases (pulmões) e pela excreção de resíduos (rins). Finalmente, uma vez que absorção, respiração e excreção são realizadas em diferentes partes do corpo, é necessário um sistema de transporte interno: o **sistema circulatório**.

REVISÃO DOS CONCEITOS

1. Que sistema é constituído pelas seguintes estruturas: glândulas sudoríferas (sudoríparas), unhas e folículos pilosos?
2. Que sistema é composto de estruturas com as seguintes funções: produção de hormônios e óvulos, sendo o local do desenvolvimento embriológico?
3. O que é diferenciação?

Veja a seção de Respostas na parte final do livro.

A terminologia anatômica (linguagem da anatomia) [Figura 1.7]

Se você tivesse descoberto um novo continente, como você começaria a coletar informações de modo a relatar precisamente os seus achados? Você teria de construir um mapa detalhado do território. O mapa completo teria (1) marcadores evidentes, como montanhas, vales ou vulcões; (2) a distância entre eles; e (3) a direção que você precisou seguir para ir de um ponto a outro. As distâncias poderiam ser registradas em milhas e as direções lidas em bússolas (norte, sul, nordeste, sudoeste e assim por diante). Com tal mapa, qualquer pessoa poderia ir diretamente para qualquer ponto do seu continente.

Os primeiros anatomistas enfrentaram dificuldades semelhantes de comunicação. Dizer que "uma saliência encontra-se nas costas" não oferece informações muito precisas sobre a sua localização. Assim, os anatomistas criaram mapas do corpo humano. Os marcadores de referência são estruturas anatômicas evidentes, e as distâncias são medidas em centímetros ou polegadas. De fato, a anatomia utiliza uma linguagem especial que precisa ser aprendida desde o início. O processo demanda algum tempo e esforço, mas é absolutamente essencial caso você queira evitar situações como a apresentada na Figura 1.7.

Novos termos anatômicos continuam a aparecer com o avanço da tecnologia, mas muitas palavras e expressões antigas permanecem em uso. Como resultado, o vocabulário desta ciência representa uma forma de registro histórico. Palavras e expressões em grego e latim constituem a base de um grande número de termos anatômicos. Por exemplo, muitos termos em latim, com que se batizaram estruturas específicas 2000 anos atrás, continuam em uso atualmente.

A familiaridade com as raízes e os padrões em latim torna os termos anatômicos mais compreensíveis, e as notas incluídas sobre derivação das palavras têm o objetivo de ajudá-lo nesta tarefa. Em português, o plural geralmente é feito acrescentando-se o sufixo *"s"* ou *"es"* ao nome: *moça/moças* ou *rapaz/rapazes*. Já as palavras em latim mudam suas terminações no plural: palavras terminadas em "*us*" perdem esta terminação, que é substituída por *"i"*; o mesmo ocorre com a terminação *"um"*, que é substituída por *"a"*, e com a terminação *"a"*, que é trocada por *"ae"*. Mais informações sobre raízes de palavras estrangeiras, prefixos, sufixos e formas combinadas podem ser encontradas no Apêndice, pág. 822.

Termos em latim e em grego não são os únicos termos estrangeiros adotados no vocabulário anatômico ao longo dos séculos. Muitas estruturas anatômicas e condições clínicas receberam inicialmente o nome dos seus descobridores ou, no caso de doenças, o nome de sua mais famosa vítima. O maior problema deste procedimento é a dificuldade de memorizar uma conexão entre a estrutura ou doença com sua respectiva nomenclatura. Nos últimos 100 anos, a maior parte destes nomes atribuídos por homenagem, ou *epônimos*, foi substituída por termos mais precisos. Para os interessados em detalhes históricos, o Apêndice intitulado "Epônimos de uso generalizado" oferece informações sobre os nomes dos homenageados que originaram epônimos ainda utilizados ocasionalmente.

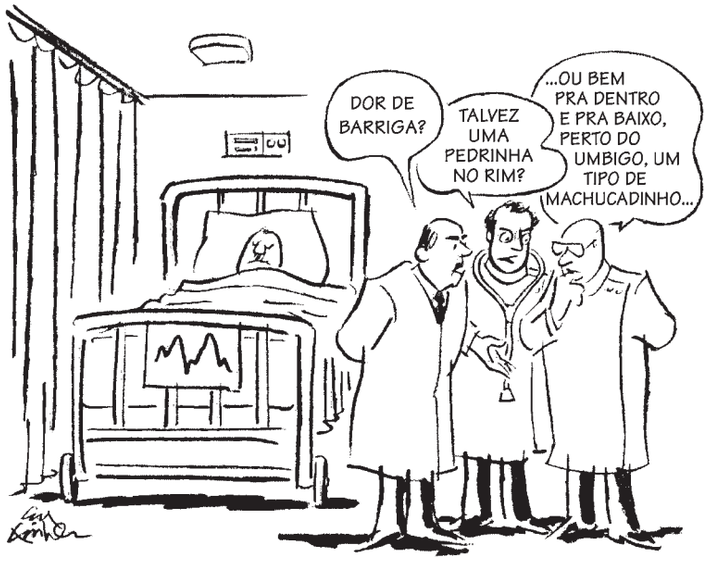


Figura 1.7 A importância de um vocabulário preciso.
Você gostaria de ser este paciente? [® Todos os direitos reservados. *The New Yorker Collection 1990. Ed. Fisher, de cartoonbank.com*].

Anatomia de superfície

A familiaridade com os principais marcadores anatômicos e referenciais de direção fará com que os capítulos subseqüentes sejam mais compreensíveis, uma vez que nenhum dos sistemas, com exceção do tegumento comum, pode ser visualizado através da superfície do corpo. É necessário que você crie mapas mentais e extraia informação das ilustrações anatômicas que acompanham esta discussão.

Marcadores anatômicos de referência [Figura 1.8]

Marcadores anatômicos importantes são apresentados na Figura 1.8. Você deverá se familiarizar com a forma adjetival, bem como com a terminologia anatômica. A compreensão do significado e da origem dos termos o auxiliará a lembrar-se da localização das estruturas e de seus nomes. Por exemplo, o termo **braquial** refere-se ao braço, e capítulos posteriores discutirão o *músculo braquial* e os ramos da *artéria braquial*.

Ilustrações anatômicas padrão mostram o corpo humano em **posição anatômica**. Em posição anatômica, a pessoa está em pé com os membros inferiores aproximados e a planta dos pés no chão. Os membros superiores estão estendidos ao lado do tronco e as palmas das mãos, voltadas anteriormente. O indivíduo representado na Figura 1.8 está em posição anatômica, vista anterior (Figura 1.8a) e vista posterior (Figura 1.8b). A posição anatômica é o padrão de referência que fundamenta a terminologia anatômica, independentemente do nível, desde o básico até o clínico. Portanto,

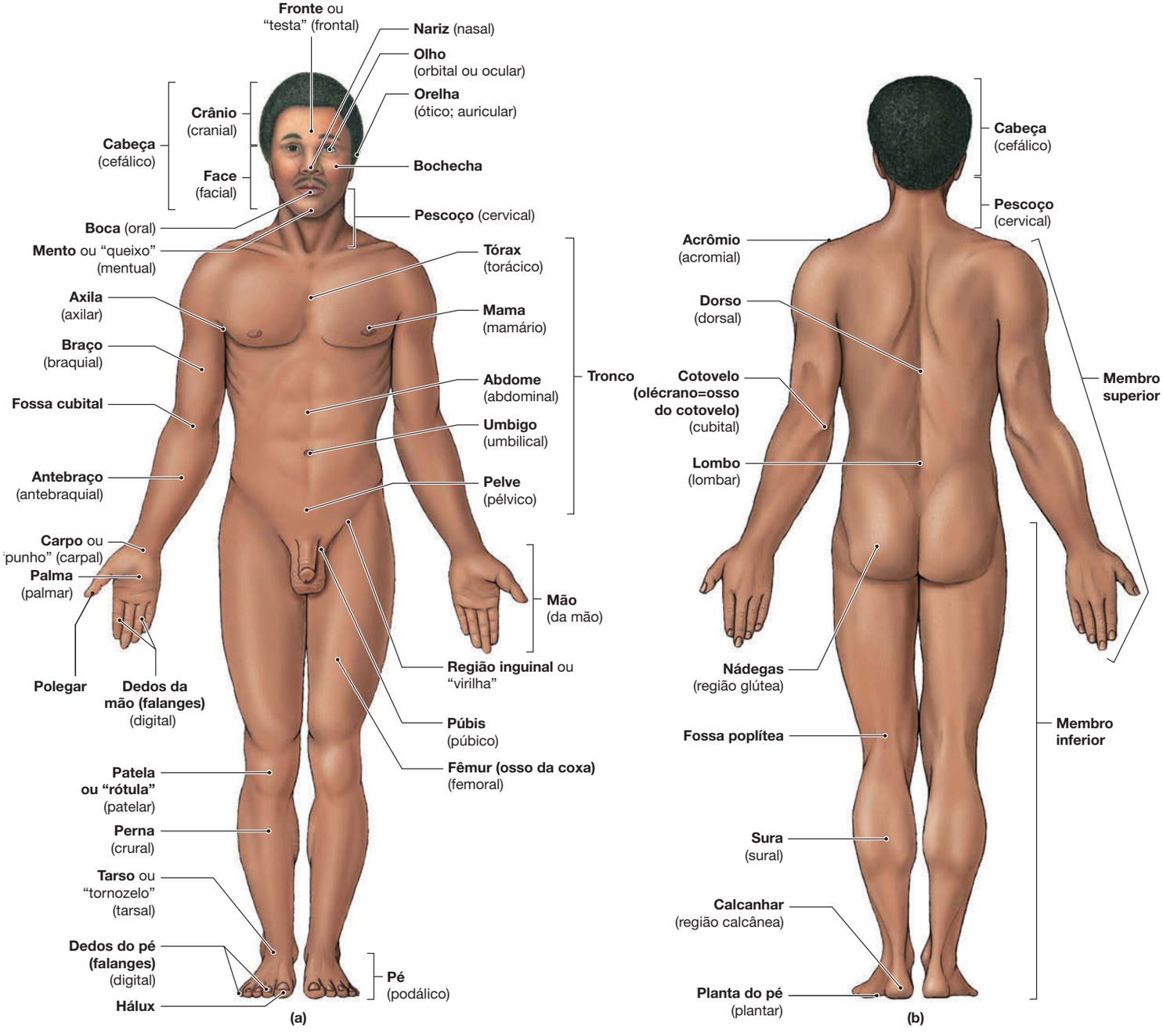


Figura 1.8 Marcadores anatômicos de referência.
Os termos anatômicos estão escritos em negrito, os nomes de uso corriqueiro, em tipo normal de letra, e os adjetivos anatômicos, entre parênteses. **(a)** Vista anterior na posição anatômica. **(b)** Vista posterior na posição anatômica.

TABELA 1.1 Regiões do corpo humano[1]

Nomenclatura anatômica	Região anatômica	Área indicada
Cabeça (*Cephalon*)	Cefálica	Da cabeça
Pescoço (*Cervicis*)	Cervical	Do pescoço
Tórax (*Thoracis*)	Torácica	Do tórax
Braço (*Brachium*)	Braquial	Do braço: segmento do membro superior mais próximo ao tronco
Antebraço (*Antebrachium*)	Antebraquial	Do antebraço
Carpo (*Carpus*)	Carpal	Do punho
Mão (*Manus*)	Da mão	Da mão
Abdome (*Abdomen*)	Abdominal	Do abdome
Pelve (*Pelvis*)	Do quadril	Da pelve
Púbis (*Pubis*)	Púbica (hipogástrio)	Do púbis: parte anterior da pelve
"Virilha" (*Inguen*)	Inguinal	Inguinal: junção entre o tronco e a coxa
Lombo (*Lumbus*)	Lombar	Lombar: parte inferior do dorso
Glúteo (*Gluteus*)	Glútea	Glútea: das nádegas
Fêmur (*Femur*)	Femoral	Da coxa
Patela (*Patella*)	Do joelho (genicular)	Do joelho
Perna (*Crus*)	Crural	Crural: parte do joelho ao tornozelo
"Panturrilha" (*Sura*)	Sural	Sural: parte posterior da região crural
Tarso (*Tarsus*)	Tarsal	Do tornozelo
Pé (*Pes*)	Do pé	Do pé
Planta (*Planta*)	Plantar	Da planta dos pés

[1] Ver Figuras 1.8 e 1.9.

todas as descrições deste livro referem-se ao corpo em posição anatômica a menos que esteja devidamente especificado de outra maneira. Diz-se de uma pessoa deitada em posição anatômica que ela está em **supino** quando voltada para cima e em **prona** quando estiver de bruços*.

Regiões anatômicas [Figuras 1.8/1.9 e Tabela 1.1]

As principais regiões do corpo estão indicadas na Tabela 1.1. Estas e outras regiões e marcadores anatômicos de referência estão assinalados na Figura 1.8. Anatomistas e clínicos freqüentemente utilizam termos regionais específicos para indicar áreas determinadas nas regiões abdominal e do quadril. Há dois métodos diferentes em uso: um deles refere-se aos **quadrantes abdominopélvicos**. A superfície abdominopélvica é dividida em quatro segmentos por duas linhas imaginárias (uma horizontal e outra vertical) que se interceptam no *umbigo*. Este método simples, mostrado na Figura 1.9a, oferece referências úteis para descrever a localização de dores e ferimentos que, por sua vez, podem ajudar o médico a identificar a possível causa; por exemplo, à palpação, sensibilidade no quadrante inferior direito (QID) pode ser um sinal de apendicite, enquanto sensibilidade no quadrante superior direito (QSD) pode indicar problemas de fígado ou vesícula biliar.

Distinções regionais são usadas para descrever com maior precisão a localização e a orientação dos órgãos internos. Existem nove **regiões abdominopélvicas** representadas na Figura 1.9b. A Figura 1.9c mostra a relação entre os quadrantes, as regiões e os órgãos internos.

* N. de R.T. Na realidade, a posição anatômica pressupõe o indivíduo em pé. Quando deitado, pode estar em decúbito dorsal (supino) ou ventral (prona).

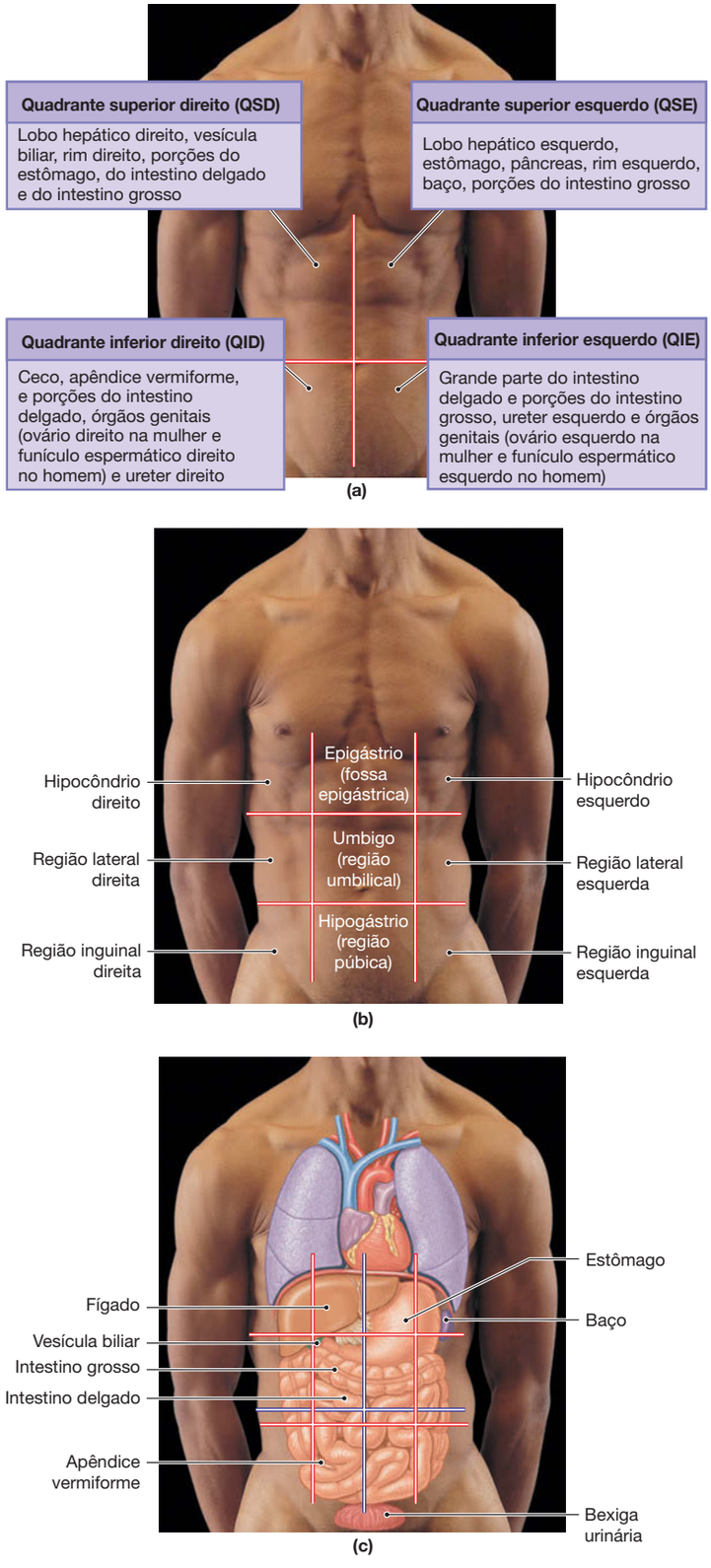


Figura 1.9 Quadrantes e regiões abdominopélvicos.
A superfície abdominopélvica é separada em regiões para identificar mais claramente os referenciais anatômicos e para definir, de maneira mais precisa, a localização dos órgãos internos. **(a)** Os quadrantes abdominopélvicos dividem a área em quatro regiões. Estes termos ou suas abreviaturas são utilizados mais freqüentemente em discussões clínicas. **(b)** Descrições anatômicas mais precisas são fornecidas por referência à região abdominopélvica apropriada. **(c)** Quadrantes ou regiões são úteis por causa das relações conhecidas entre os referenciais anatômicos superficiais e os órgãos internos subjacentes.

Direções anatômicas [Figura 1.10 e Tabela 1.2]

A Figura 1.10 e a Tabela 1.2 mostram os principais termos de direção e exemplos de seu uso. Há muitos termos diferentes e alguns são intercambiáveis. Durante o seu aprendizado sobre os termos de direção, é importante lembrar que todas as direções anatômicas utilizam a posição anatômica como referência padrão. Por exemplo, *anterior* refere-se à frente do corpo; em humanos este termo é equivalente a *ventral*, que na verdade se refere à superfície do ventre. Mesmo que seu professor lhe apresente termos adicionais, os termos que aparecem freqüentemente nos próximos capítulos encontram-se enfatizados na Tabela 1.2. Quando você seguir descrições anatômicas, é importante lembrar que os termos *esquerdo* e *direito* se referem sempre aos lados esquerdo e direito do paciente, e não do observador. Você também deve notar que apesar de alguns termos de referência serem equivalentes – *posterior* e *dorsal*, ou *anterior* e *ventral* –, sempre que uma descrição emprega um deles, usa também seu par oposto, isto é, sempre que o termo *posterior* for utilizado em uma descrição, o termo *anterior* deverá ser utilizado para descrever as estruturas da região oposta. Finalmente, você deve se lembrar também de que alguns termos listados na Tabela 1.2 ou não são utilizados, ou têm um significado diferente em anatomia veterinária.

Anatomia seccional

Uma análise do que vemos em um corte algumas vezes é fundamental para a compreensão da relação entre as partes de um objeto tridimensional. Por sua vez, a compreensão das vistas seccionais tem se tornado cada vez mais importante em função do desenvolvimento das técnicas de exame por imagem, que permitem a visualização interna do organismo sem a necessidade de se recorrer à cirurgia.

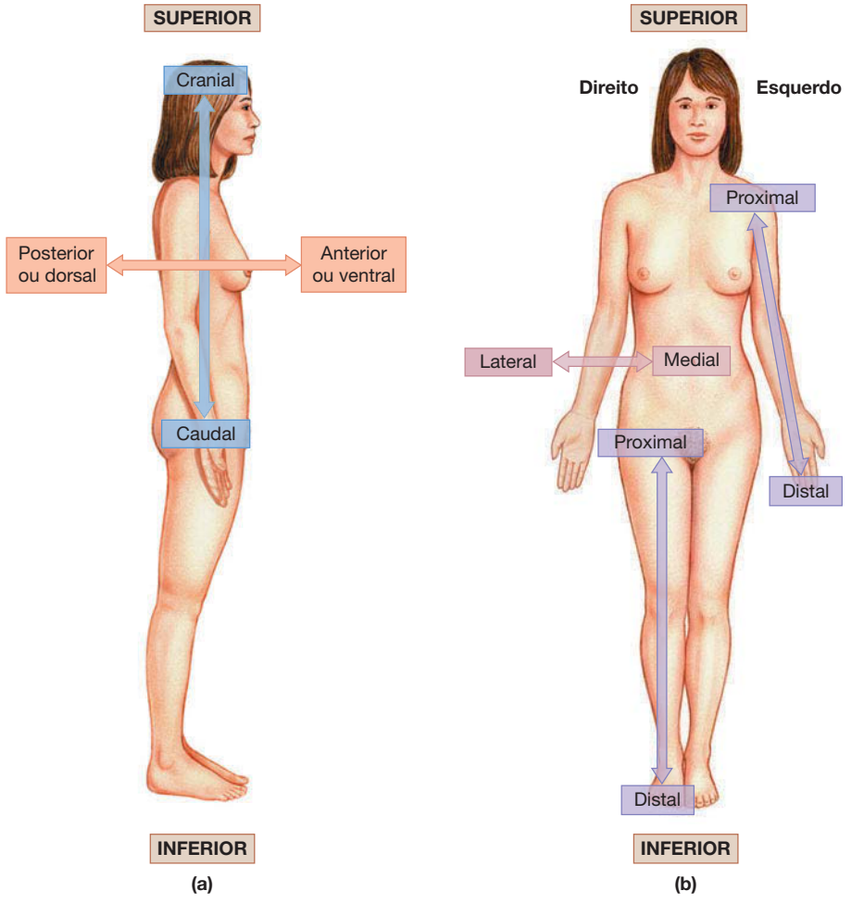


Figura 1.10 Termos referenciais de direção.
Termos referenciais de direção importantes utilizados neste texto encontram-se indicados por setas; definições e descrições estão incluídas na Tabela 1.2. **(a)** Vista lateral. **(b)** Vista anterior.

TABELA 1.2 Termos regionais e de direção (ver Figura 1.10)

Termo	Região ou referência	Exemplo
Anterior	À frente, adiante	O umbigo está localizado na superfície *anterior* do tronco.
Ventral	A superfície do ventre (equivalente ao termo *anterior*, quando se refere ao corpo humano)	O umbigo está localizado na superfície *ventral*.
Posterior	O dorso, atrás	A escápula é *posterior* às costelas.
Dorsal	O dorso (equivalente ao termo *posterior*, quando se refere ao corpo humano)	A escápula está localizada na região *dorsal* do corpo.
Cranial	Em direção à cabeça	A margem *cranial*, ou *cefálica*, da pelve é *superior* à coxa.
Cefálico	Mesmo que cranial	
Superior	Acima, em um nível acima (no corpo humano, em direção à cabeça)	
Caudal	Em direção à cauda (cóccix em humanos)	Os quadris são *caudais* em relação à cintura.
Inferior	Abaixo; em um nível abaixo; em direção aos pés	O joelho é *inferior* ao quadril.
Medial	Em direção à linha mediana (o eixo longitudinal do corpo)	As superfícies *mediais* das coxas podem estar em contato.
Lateral	Em direção contrária à linha mediana (o eixo longitudinal do corpo)	O fêmur articula-se com a superfície *lateral* do quadril.
Proximal	Em direção a uma base fixa	A coxa é *proximal* em relação ao pé.
Distal	Em direção contrária a uma base fixa	Os dedos são *distais* em relação ao punho.
Superficial	Relativamente próximo ou na superfície do corpo	A pele é *superficial* às estruturas subjacentes.
Profundo	Em direção ao interior do corpo, contrária à sua superfície	O osso da coxa é *profundo* em relação aos músculos esqueléticos que o envolvem.

Planos e secções [Figuras 1.11/1.12 e Tabela 1.3]

Qualquer corte em um corpo tridimensional pode ser descrito em relação a três **planos de secção** indicados na Tabela 1.3 e representados na Figura 1.11. O **plano transverso** forma um ângulo reto com o eixo longitudinal da parte do corpo que está sendo estudada. Um corte segundo este plano é denominado *corte transversal*. O **plano frontal** (coronal) e o **plano sagital** são paralelos ao eixo longitudinal do corpo. O plano frontal se estende de lado a lado e divide o corpo em partes **anterior** e **posterior**. O plano sagital se estende de anterior para posterior e divide o corpo em partes *direita* e *esquerda*. A secção ao longo da linha mediana que divide o corpo em metades direita e esquerda é chamada de **secção sagital mediana**; secções paralelas à secção sagital mediana são chamadas de **secções paramedianas** (ou **parassagitais**).

Às vezes é importante que você compare a informação visual oferecida por secções ao longo de diferentes planos. Cada plano de secção fornece uma perspectiva diferente sobre a estrutura do corpo; quando

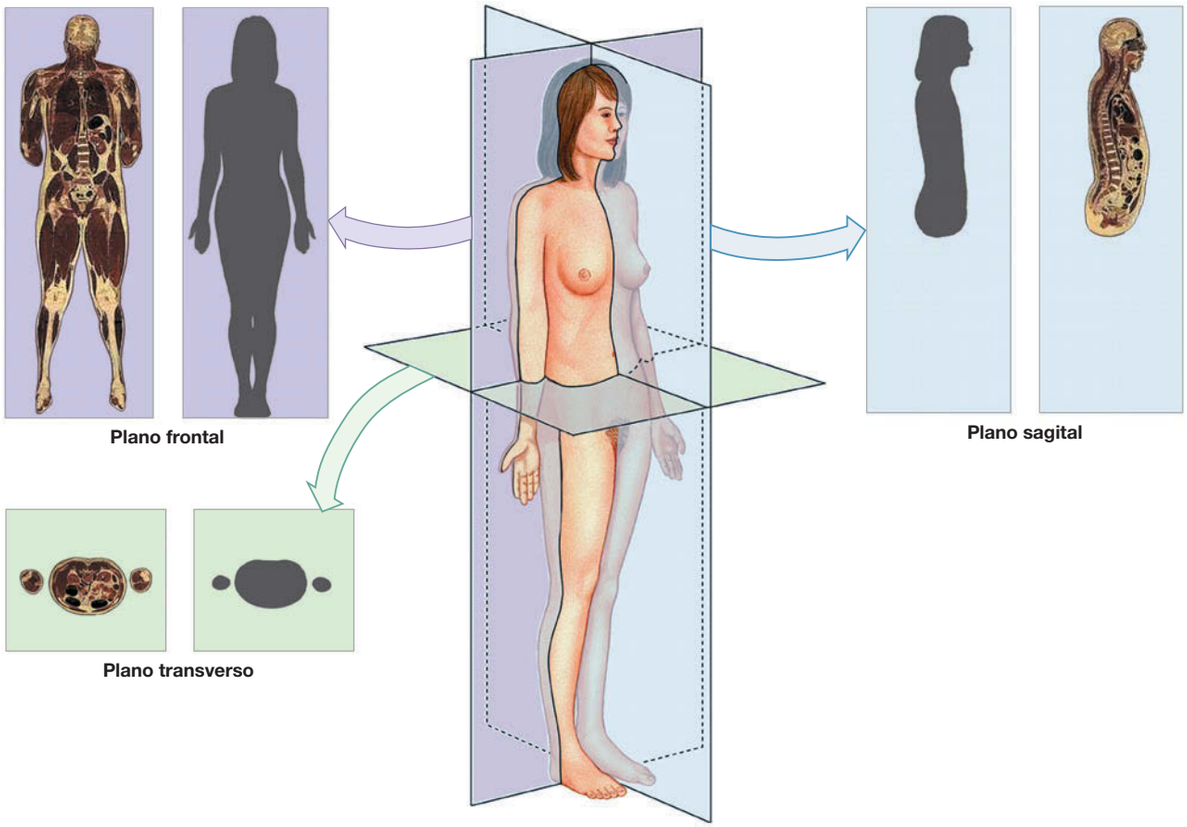


Figura 1.11 Planos de secção.
Os três planos de secção principais encontram-se indicados nesta figura. As imagens fotográficas foram obtidas da série de dados do *Visible Human Project*, descrito na pág. 18. A Tabela 1.3 define e descreve estes termos.

TABELA 1.3 Termos que indicam os planos de secção (ver Figura 1.11)

Orientação do plano	Adjetivo	Termo de direção	Descrição
Perpendicular ao eixo longitudinal	Transversal ou horizontal	Transversalmente ou horizontalmente	Uma *secção transversal* ou *horizontal* separa porções superior e inferior no corpo; as secções geralmente passam pelas regiões da cabeça e do tronco.
Paralelo ao eixo longitudinal	Sagital mediano	Sagitalmente	Uma *secção sagital mediana* passa pela linha mediana e divide o corpo em metades direita e esquerda.
	Paramediano (parassagital)		Uma *secção paramediana* passa por linhas paralelas à linha mediana, dividindo uma estrutura em porções direita e esquerda de tamanhos diferentes (assimetricamente).
	Frontal (coronal)	Frontalmente (coronalmente)	Uma *secção frontal* divide o corpo em partes anterior e posterior; geralmente, o termo coronal refere-se a secções que passam pelo crânio.

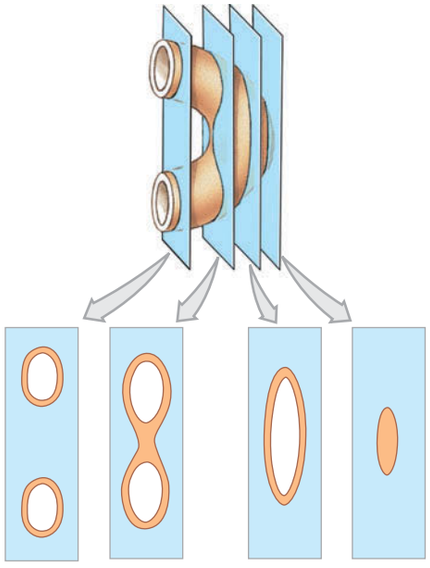


Figura 1.12 Planos de secção e visualização.
Esta figura mostra cortes seriados realizados em um tubo curvo. Observe como as vistas seccionais se modificam conforme se aproximam da curva; os efeitos das secções devem ser levados em consideração ao se observar lâminas ao microscópio. Os cortes também interferem na aparência dos órgãos internos conforme se observa à TC ou IRM (ver pág. 22). Por exemplo, apesar de ser um tubo simples, o intestino delgado pode parecer um par de tubos, um haltere, uma forma oval ou um sólido, dependendo do corte observado.

combinadas com observações da anatomia externa, elas podem ajudar a formar um quadro razoavelmente completo (ver Nota clínica abaixo). É possível também construir um quadro mais acurado e completo por meio da análise de várias secções realizadas em pequenos intervalos, em um mesmo plano. Este processo é chamado de **reconstrução seriada** e permite a análise de estruturas relativamente complexas. A Figura 1.12 mostra a reconstrução seriada de um simples tubo em arco. O procedimento pode ser utilizado para visualizar o percurso de um pequeno vaso sangüíneo, ou seguir uma alça do intestino. A reconstrução seriada é um método importante para o estudo de estruturas histológicas e para analisar as imagens produzidas por procedimentos clínicos sofisticados (ver Nota clínica na pág. 21).

Nota clínica

Visible Human Project O objetivo do *Visible Human Project*, fundado pela Biblioteca Nacional de Medicina dos Estados Unidos, é o de criar com precisão um corpo humano computadorizado que possa ser estudado e manipulado de maneiras que seriam impossíveisem um corpo real. A série de dados consiste em imagens digitais de secções transversais, meticulosamente preparadas (pelo Dr. Victor Spitzer e seus colegas da Universidade do Centro de Ciências da Saúde do Colorado) em intervalos de 1 mm para o homem visível e de 0,33 mm para a mulher visível. Apesar da resolução relativamente "baixa" das imagens, a série de dados é enorme – as secções do homem totalizam 14 GB e as secções da mulher, 40 GB. Estas imagens podem ser vistas na internet, em **http://www.nlm.nih.gov/research/visible/visible_human.html**. Estes dados têm sido utilizados para gerar uma variedade de imagens ampliadas, como as mostradas na Figura 1.11, além de serem empregados em projetos educativos, como o Cadáver Digital.

REVISÃO DOS CONCEITOS

1. Que tipo de secção você utilizaria para separar os dois olhos?
2. Você cai e quebra o membro superior entre o cotovelo e o punho. Que parte do corpo é afetada?
3. Qual é a terminologia anatômica utilizada para designar cada uma das seguintes áreas: virilha, nádega, mão?

Veja a seção de Respostas na parte final do livro.

Cavidades do corpo [Figuras 1.13/1.14]

Visualizado em secções, o corpo humano não é um objeto sólido, e muitos órgãos vitais encontram-se suspensos em câmaras internas chamadas de **cavidades**. Essas cavidades protegem os órgãos delicados contra traumatismos por choques acidentais ou colisões e amortecem esses órgãos nas batidas e solavancos que ocorrem quando se anda, salta ou corre. A **cavidade anterior (ou ventral)**, ou *celoma* (*koila*, cavidade), contém órgãos dos sistemas respiratório, circulatório, digestório, urinário e genital. Uma vez que esses órgãos se projetam parcial ou totalmente para dentro da cavidade anterior, pode haver modificações significativas no tamanho e no formato deles, sem que isso interfira na constituição dos tecidos circunvizinhos ou interrompa as atividades dos órgãos adjacentes.

Ao longo do desenvolvimento, os órgãos internos crescem e modificam suas posições relativas. Essas modificações acarretam a subdivisão da cavidade anterior do corpo. As relações entre as diversas subdivisões da cavidade anterior encontram-se diagramadas nas Figuras 1.13a e 1.14. O **diafragma**, uma lâmina muscular em formato de abóbada, separa a cavidade anterior em uma cavidade superior, a *cavidade torácica*, envolta pela parede torácica, e uma cavidade inferior, a *cavidade abdominopélvica*, envolta pela parede abdominal e pela pelve.

Muitos dos órgãos dessas cavidades modificam seu tamanho e sua forma à medida que realizam suas funções. Por exemplo, o estômago aumenta de volume a cada refeição, e o coração contrai e expande a cada batimento. Tais órgãos projetam-se em câmaras internas úmidas que permitem a sua expansão e limitam seu movimento, diminuindo o atrito. Existem três destas câmaras na cavidade torácica e uma na cavidade abdominopélvica. Os órgãos internos que se projetam nessas cavidades são chamados de **vísceras**.

A cavidade torácica Os pulmões e o coração, órgãos associados aos sistemas respiratório, circulatório e linfático, assim como o timo e a porção inferior do esôfago, estão contidos na **cavidade torácica**. Os limites da cavidade torácica são estabelecidos por músculos e ossos da parede torácica e pelo diafragma, uma lâmina muscular que separa a cavidade torácica da abdominopélvica (ver Figura 1.13a,c). A cavidade torácica é subdividida em *cavidades pleurais* direita e esquerda, separadas pelo **mediastino** (ver Figura 1.13a,c,d).

Cada **cavidade pleural*** contém um pulmão. A cavidade torácica é revestida por uma *túnica serosa* lisa e viscosa que reduz o atrito conforme o pulmão aumenta ou diminui de volume durante a respiração. Essa túnica serosa é chamada de *pleura*. A *pleura visceral* recobre a superfície externa de um pulmão, enquanto a *pleura parietal* reveste a superfície interna da parede do tórax e, medialmente, limita o mediastino.

O mediastino contém uma massa de tecido conectivo que envolve, estabiliza e sustenta o esôfago, a traquéia, o timo e a maior parte dos vasos sangüíneos que se originam ou desembocam no coração. O mediastino também contém a **cavidade do pericárdio**, uma pequena câmara que envolve o coração (Figura 1.13d). A relação entre o coração e a cavidade do pericárdio pode ser comparada à ação exercida pela mão fechada ao

* N. de R.T. A cavidade pleural é o espaço limitado entre as pleuras parietal e visceral, que contém líquido pleural. Os pulmões estão contidos na cavidade torácica.

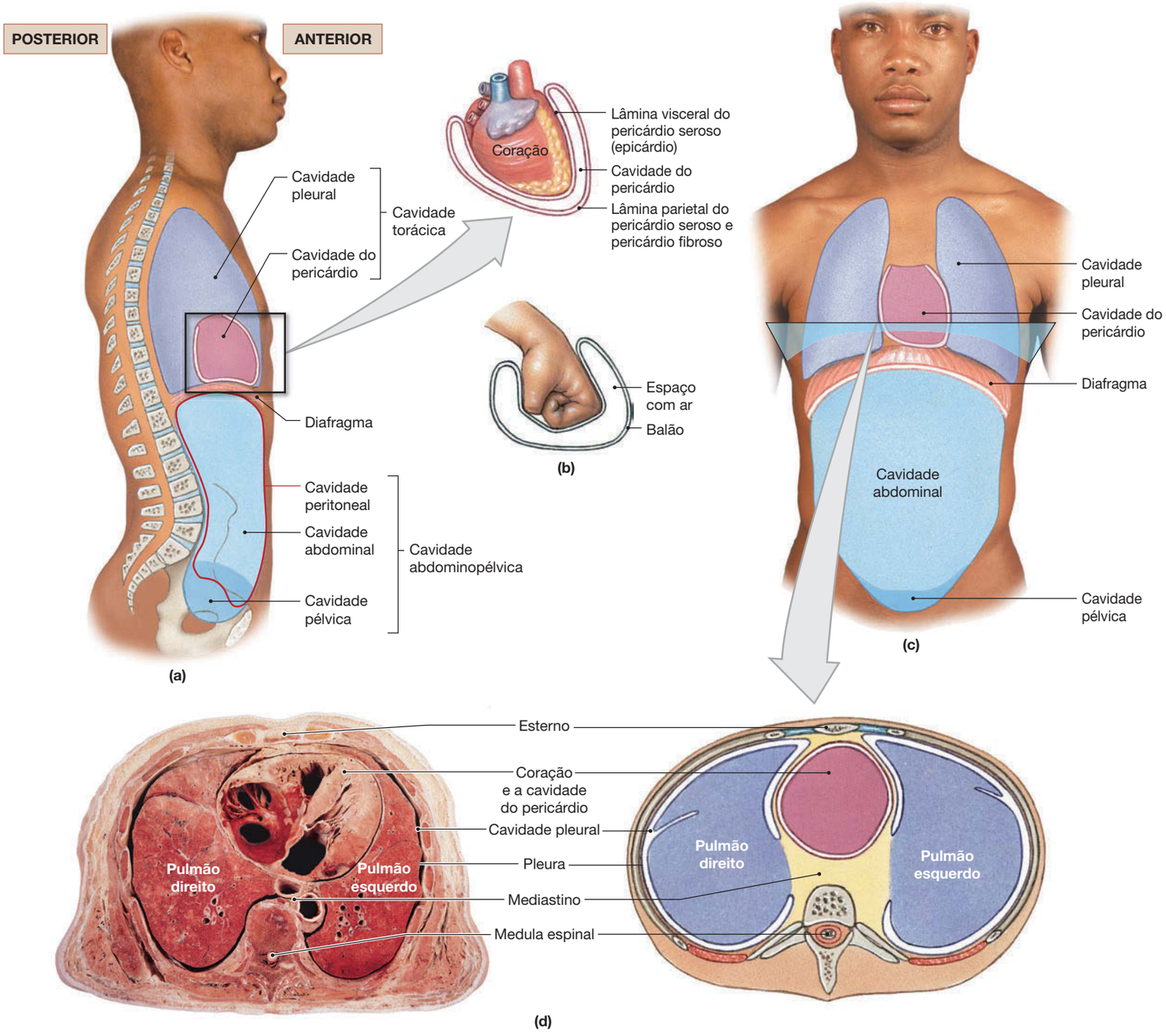


Figura 1.13 Cavidades do corpo.
(a) Vista lateral das subdivisões das cavidades anteriores do corpo. O diafragma divide a cavidade anterior do corpo em uma cavidade superior, torácica, e uma inferior, a cavidade abdominopélvica. **(b)** O coração se projeta em direção à cavidade do pericárdio como uma mão fechada que pressiona um balão de ar. **(c)** Vista anterior da cavidade anterior e suas subdivisões. **(d)** Corte transversal da cavidade torácica. A menos que se especifique de outra forma, os cortes são apresentados em vista inferior. (Ver Nota clínica nas págs. 21-23 para mais detalhes.)

pressionar um balão de ar (Figura 1.13b). A mão fechada corresponde à base (porção fixa) do coração, enquanto o balão corresponde à túnica serosa que delimita a cavidade do pericárdio. A túnica serosa que recobre o coração é chamada de **pericárdio** (*peri*, ao redor + *kardia*, coração). A camada que recobre o coração é chamada de *pericárdio visceral*, e a superfície oposta é o *pericárdio parietal**. A cada batimento, o coração modifica seu tamanho e sua forma. A cavidade do pericárdio permite estas modificações, e o seu revestimento viscoso reduz o atrito entre o coração e as estruturas adjacentes no mediastino.

A cavidade abdominopélvica As Figuras 1.13a e 1.14 mostram que a **cavidade abdominopélvica** pode ser subdividida em uma cavidade superior, *cavidade abdominal*, e uma inferior, *cavidade pélvica*. A cavidade abdominopélvica contém a **cavidade peritoneal**, uma câmara interna limitada por uma túnica serosa, conhecida como **peritônio**. O *peritônio*

* N. de R.T. Na realidade, a camada externa de revestimento é o pericárdio fibroso; a camada interna é o pericárdio seroso, constituído pelas lâminas parietal e visceral.

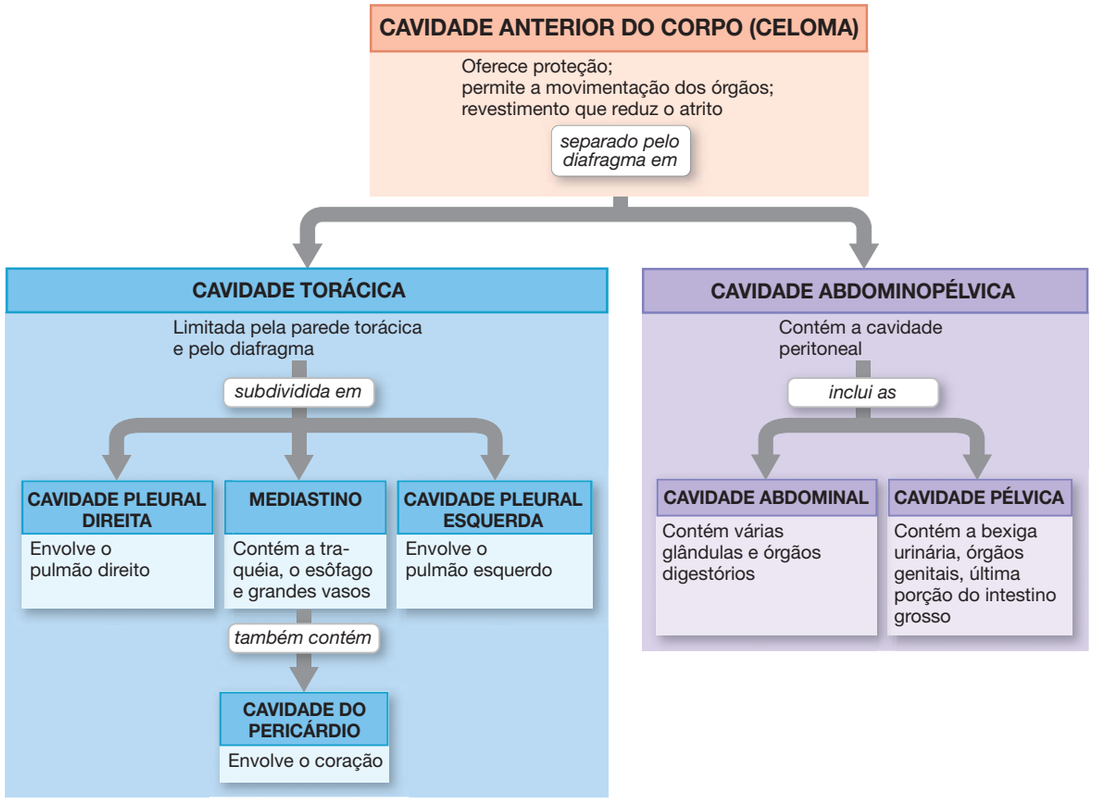


Figura 1.14 A cavidade anterior (ventral) do corpo.
Relações, conteúdo e algumas funções selecionadas das subdivisões da cavidade anterior do corpo.

parietal reveste a parede do corpo. Um espaço delgado e preenchido por líquido separa o peritônio parietal do *peritônio visceral,* que reveste os órgãos. Órgãos como o estômago, o intestino delgado e partes do intestino grosso encontram-se suspensas em direção à cavidade peritoneal por lâminas duplas de peritônio, denominadas **mesentérios***. O mesentério oferece sustentação e estabilidade, permitindo movimento limitado.

- A **cavidade abdominal** estende-se da superfície inferior do diafragma a um plano imaginário, desde a superfície inferior da última vértebra lombar às margens superior e anterior do cíngulo do membro inferior (pélvico). A cavidade abdominal contém o fígado, o estômago, o baço, os rins, o pâncreas, o intestino delgado e a maior parte do intestino grosso. (As posições de muitos destes órgãos podem ser vistas na **Figura 1.9c**, pág. 15.) Esses órgãos projetam-se parcial ou totalmente em direção à cavidade peritoneal, assim como o coração e o pulmão projetam-se, respectivamente, em direção à cavidade do pericárdio e à cavidade pleural.
- A porção da cavidade anterior que se encontra inferiormente à cavidade abdominal é a **cavidade pélvica**. A cavidade pélvica, limitada pelos ossos do quadril, contém os últimos segmentos do intestino grosso, a bexiga urinária e vários órgãos genitais. Por exemplo, a cavidade pélvica em mulheres contém os ovários, as tubas uterinas e o útero; em homens, a cavidade pélvica contém a próstata e as glândulas seminais. A porção inferior da cavidade peritoneal estende-se até a cavidade pélvica. A porção superior da bexiga urinária, em ambos os sexos, e as tubas uterinas, os ovários e a porção superior do útero em mulheres são revestidos pelo peritônio.

* N. de R.T. Após o nascimento, o termo mesentério refere-se especificamente à dupla lâmina de peritônio que fixa o jejuno e o íleo à parede abdominal posterior. As demais lâminas de peritônio que fixam vísceras são denominadas mesos, omentos e ligamentos.

REVISÃO DOS CONCEITOS

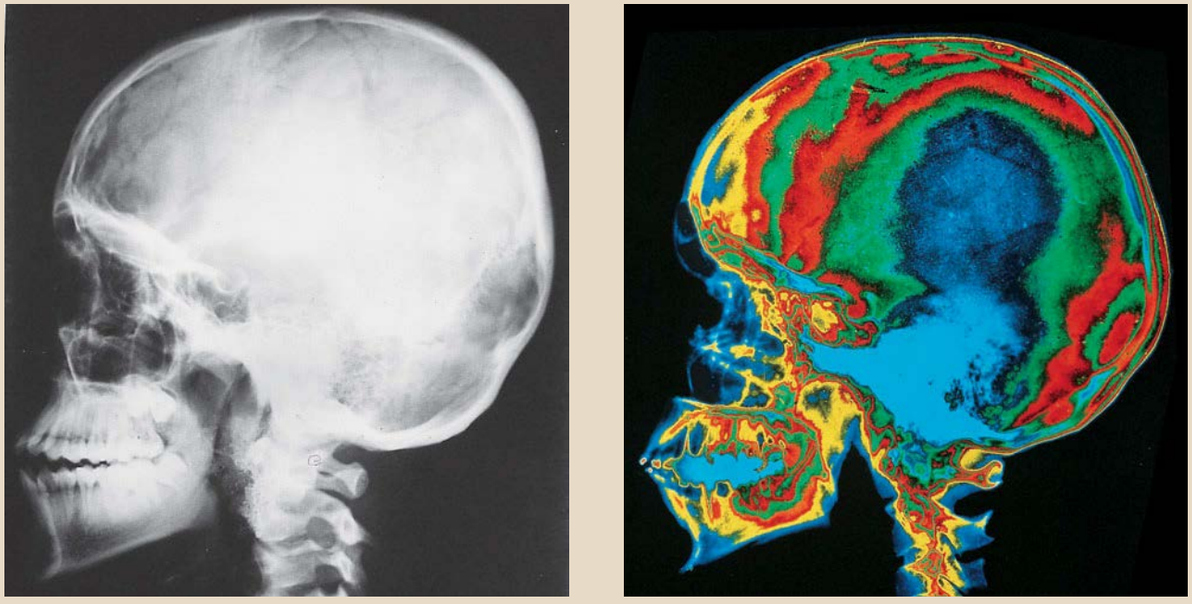
1. Qual é a função geral dos mesentérios?
2. Quando um cirurgião faz uma incisão imediatamente inferior ao diafragma, que cavidade do corpo ele está abrindo?
3. Use um termo de direção e complete as descrições abaixo:
   (a) Os dedos são _____ em relação ao tarso.
   (b) O quadril localiza-se _____ em relação à cabeça.

Veja a seção de Respostas na parte final do livro.

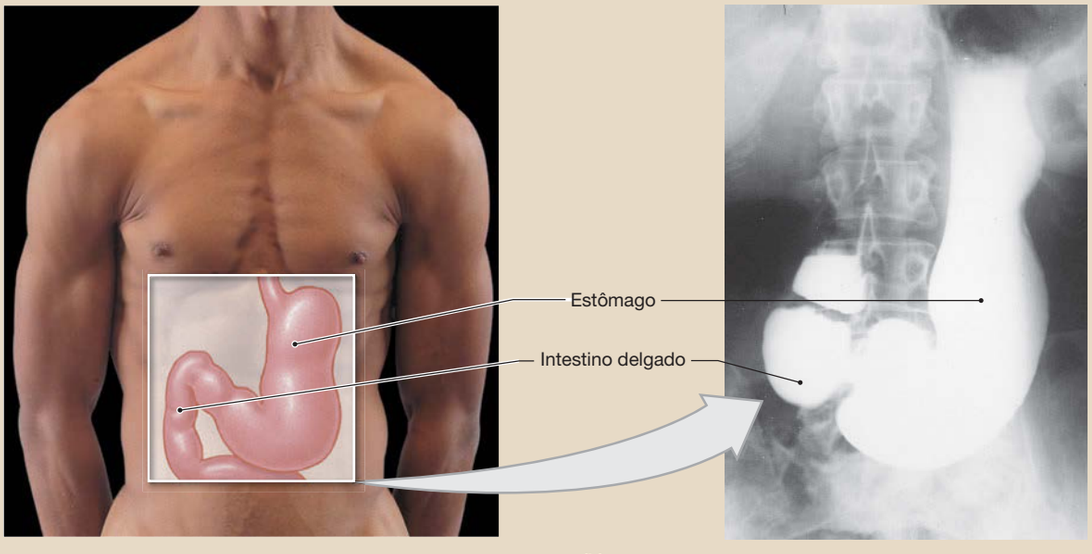
Este capítulo ofereceu uma visão geral das localizações e funções dos principais componentes de cada sistema de órgãos, e introduziu o vocabulário anatômico necessário para que você acompanhe as descrições anatômicas mais detalhadas dos capítulos posteriores. Métodos modernos de visualização anatômica de estruturas em seres vivos encontram-se resumidos na seção de Notas clínicas e na **Figura 1.17**. Uma compreensão completa da anatomia envolve a integração de informações, fornecidas pelas imagens seccionais, representações gráficas interpretativas baseadas em secções e dissecações, além da própria observação direta. Este texto oferece a você as informações básicas e traz também ilustrações interpretativas, vistas de secções e fotografias "reais". Entretanto, caberá a você integrar estas imagens e informações para desenvolver sua capacidade de observar e visualizar as estruturas anatômicas. Conforme você for avançando, não se esqueça de que cada estrutura estudada tem uma função específica. O objetivo da anatomia não se resume simplesmente em identificar e catalogar detalhes estruturais, mas envolve também a compreensão do modo como estas estruturas interagem para desempenhar as múltiplas e variadas funções do corpo humano.

Nota clínica [Figuras 1.15/1.16/1.17]

Anatomia seccional e tecnologia clínica **Procedimentos radiológicos** incluem várias técnicas não-invasivas que utilizam radioisótopos, radiação e campos magnéticos para produzir imagens de estruturas internas. Médicos especialistas na realização e análise dessas imagens diagnósticas são denominados **radiologistas**. Procedimentos radiológicos podem oferecer informações detalhadas sobre os sistemas e as estruturas internas. As Figuras 1.15, 1.16 e 1.17 comparam as vistas oferecidas por algumas destas diversas técnicas. A maioria desses procedimentos resulta em imagens em branco e preto em lâminas de filme. Cores podem ser acrescentadas por computador para ilustrar as variações sutis de contraste e brilho. Note que quando diagramas ou varreduras (escaneamentos) anatômicas apresentam vistas de cortes transversais, as secções são mostradas como se o observador estivesse aos pés do paciente e olhando em direção à sua cabeça.



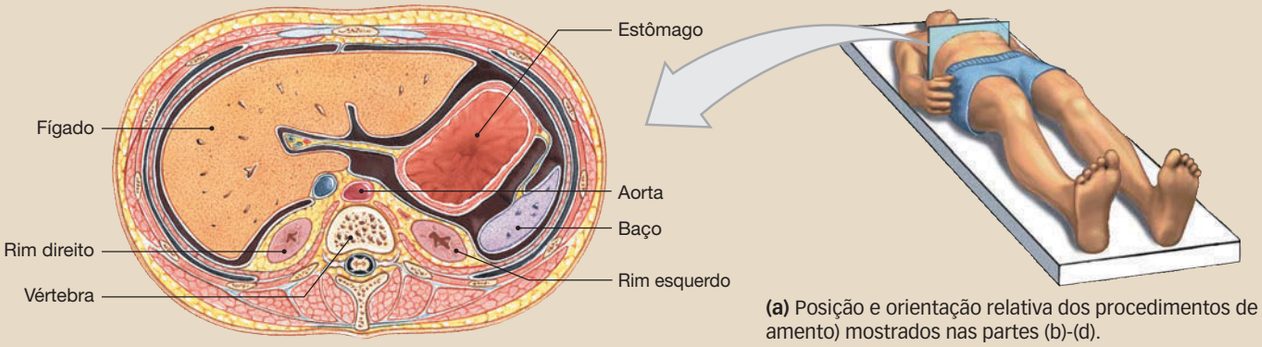
(a)



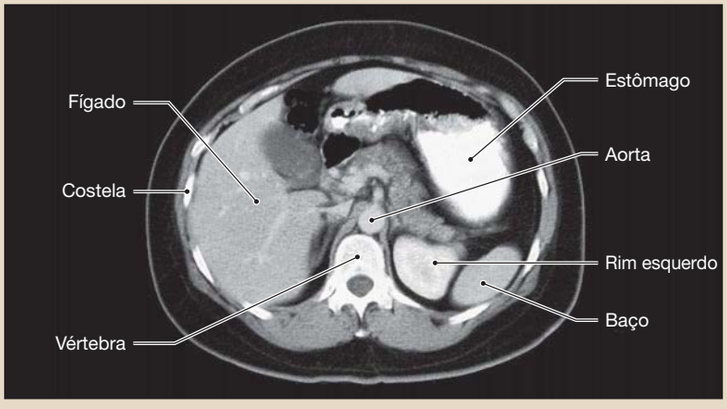
(b)

Figura 1.15 **Raios X.**
(a) Um raio X comum e um raio X colorido, tomados do lado esquerdo do crânio. Raios X são uma forma de radiação de alta energia capaz de penetrar tecidos vivos. No procedimento mais corriqueiro, um feixe de raios X atravessa o corpo e atinge um filme fotográfico; nem todos os raios projetados atingem o filme; alguns são absorvidos e outros são desviados conforme atravessam o corpo. A resistência à penetração dos raios X é chamada de **radiodensidade**. No corpo humano, a ordem crescente de radiodensidade é a seguinte: ar, gordura, fígado, sangue, músculo, osso. O resultado é uma imagem na qual os tecidos radiodensos, como o osso, aparecem em branco, enquanto os tecidos menos radiodensos são vistos em sombras que variam do cinza ao preto. (A imagem à direita foi escaneada e colorida digitalmente.) Um raio X típico é uma imagem bidimensional de um objeto tridimensional; geralmente é difícil decidir quando uma característica particular está do lado esquerdo (em direção ao observador) ou do lado direito (em direção oposta ao observador). **(b) Raio X contrastado** com bário da região superior do trato digestório. O bário, muito radiodenso, preenche o estômago e o intestino; o conteúdo branco da solução de bário evidencia os contornos destes órgãos.

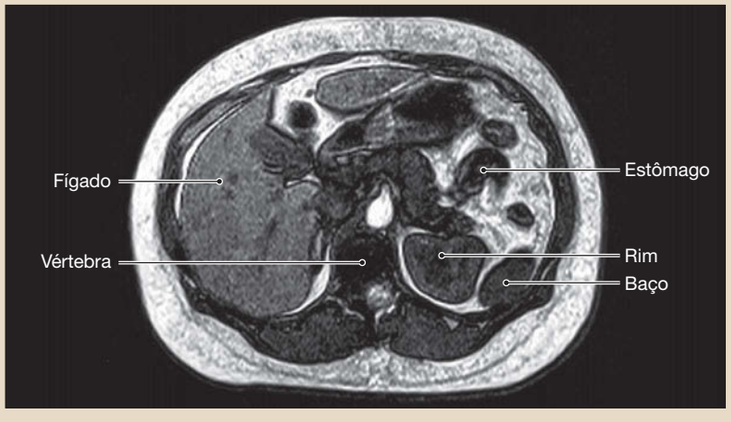
Nota clínica *(continuação)*



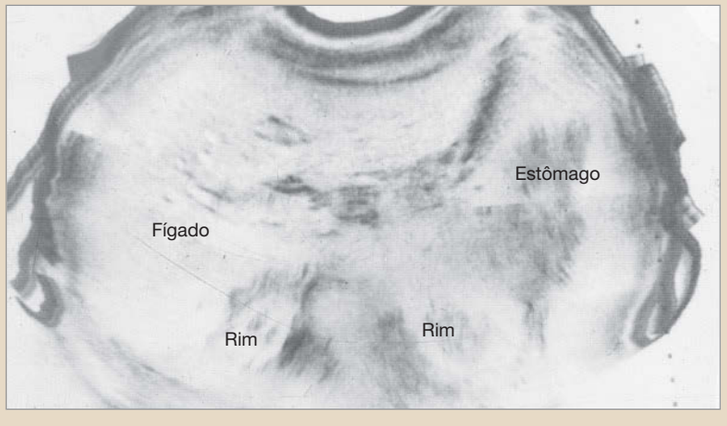
(a) Posição e orientação relativa dos procedimentos de varredura (escaneamento) mostrados nas partes (b)-(d).



(b) TC de abdome. A **TC (tomografia computadorizada)**, conhecida anteriormente como **TCA (tomografia computadorizada axial)**, usa o computador para reconstruir vistas seccionais. Uma única fonte de raios X gira em torno do corpo e o feixe de raios atinge um sensor monitorado por computador. A fonte completa um giro em torno do corpo em alguns segundos; então ela é deslocada em uma pequena distância e o processo se repete. Comparando-se as informações obtidas a cada ponto na rotação, o computador reconstrói a estrutura tridimensional do corpo. O resultado é geralmente mostrado como uma vista seccional em branco e preto, mas pode ser apresentado em cores. TCs mostram relações tridimensionais e estruturas de tecido mole mais claramente do que os raios X padrão.



(c) IRM (imagem de ressonância magnética) da mesma região. Procedimentos em IRM envolvem o corpo ou parte do corpo em um campo magnético cerca de 3.000 vezes mais forte que o da Terra. Esse campo altera os prótons dentro do núcleo atômico por todo o organismo, causando um alinhamento desses prótons ao longo de linhas magnéticas de força, como a agulha de uma bússola no campo magnético da Terra. Quando atingido por uma onda de rádio de freqüência adequada, um próton absorve energia. Quando o pulso termina, a energia é liberada e a fonte de energia da radiação é detectada pelos computadores que geram a IRM. Cada elemento difere quanto à radiofreqüência necessária para alterar seus prótons. Note as diferenças nos detalhes entre esta imagem, a imagem de TC e a de raios X na **Figura 1.15**.



(d) Ultra-som de abdome. Em procedimentos de **ultra-som**, um pequeno transmissor em contato com a pele irradia estímulos sonoros breves de alta freqüência e registra seus ecos. As ondas sonoras são refletidas por estruturas internas e formam uma imagem ou **ecograma**, que pode ser construída a partir dos padrões dos ecos registrados. Estas imagens não apresentam a mesma definição dos outros procedimentos, porém não há efeitos colaterais adversos atribuídos a ondas sonoras, e portanto o desenvolvimento fetal pode ser monitorado sem riscos significativos de defeitos congênitos. Métodos especiais de transmissão e processamento permitem a análise das estruturas dos batimentos cardíacos, sem as complicações que podem estar associadas com o uso de contraste.

Figura 1.16 Técnicas de varredura (escaneamento).

Nota clínica *(continuação)*

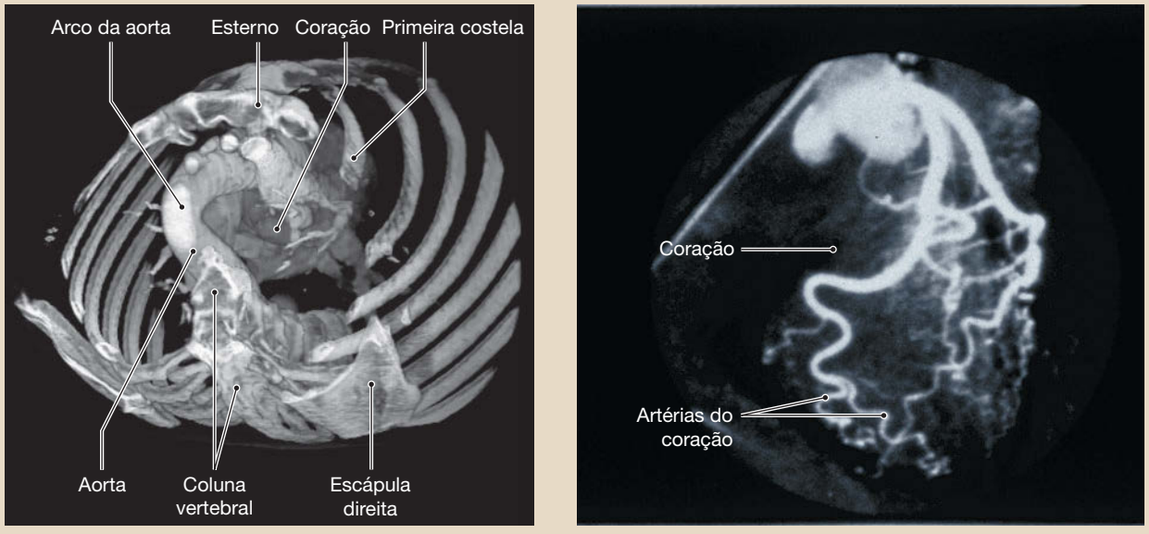


Figura 1.17 Métodos especiais de varredura (escaneamento).
(a) TC helicoidal de tórax. Tal imagem é criada por processamento especial dos dados da TC. Ela permite a visualização tridimensional dos órgãos internos rapidamente. A TC helicoidal vem ganhando importância clínica cada vez maior. **(b)** A **angiografia por subtração digital (ASD)** é utilizada para monitorar o fluxo sangüíneo em órgãos específicos, como encéfalo, coração, pulmões e rins. Raios X são obtidos antes e depois da introdução de substância radiopaca no organismo, e um computador "subtrai" detalhes comuns às duas imagens. O resultado é uma imagem de alto contraste, mostrando a distribuição da substância radiopaca injetada.

TERMOS CLÍNICOS

Diagnóstico: Uma decisão sobre a natureza (ou causa) de uma doença.

Doença: Uma falha do organismo em manter as condições homeostáticas.

Patologia: Nome formal do estudo das doenças.

Quadrante abdominopélvico: Uma das quatro subdivisões da superfície abdominal.

Radiologista: Médico especialista na realização e análise de procedimentos de diagnóstico por imagem.

Raios X: Alta energia de radiação que pode penetrar tecidos vivos.

Região abdominopélvica: Uma das nove subdivisões da superfície abdominal.

RM, IRM ([imagem de] ressonância magnética): Técnica de imagem que emprega ondas de rádio e campos magnéticos para retratar diferenças estruturais sutis.

TC, TCA (tomografia computadorizada [axial]): Técnica de imagem que reconstrói a estrutura tridimensional do corpo.

Ultra-som: Técnica de imagem que utiliza breves estímulos sonoros de alta freqüência, refletidos por estruturas internas.

RESUMO PARA ESTUDO

Introdução 2

1. **Anatomia** é o estudo das estruturas internas e externas e a relação física entre as partes do corpo. Estruturas anatômicas específicas desempenham funções específicas.

Anatomia microscópica 2

1. Os limites da **anatomia microscópica** são estabelecidos pelas limitações do equipamento utilizado. A **citologia** é o estudo das estruturas internas de células individuais, as menores unidades de vida. A **histologia** examina os **tecidos**, grupos de células que trabalham em conjunto para desempenhar funções específicas. Organizações específicas de tecidos formam **órgãos** – unidades anatômicas com múltiplas funções. Um grupo de órgãos que funcionam conjuntamente constitui um **sistema de órgãos**. *(ver Figura 1.1)*

Anatomia macroscópica 3

1. A **anatomia macroscópica** considera características visíveis a olho nu, ou seja, sem o auxílio de microscópios. Inclui **anatomia de superfície** (forma geral e marcadores superficiais de referência); **anatomia regional** (topográfica) (características superficiais e internas de uma área específica do corpo); e **anatomia sistêmica** (descritiva) (estruturas dos principais sistemas de órgãos do corpo).

Outras perspectivas em anatomia 3

1. A **anatomia do desenvolvimento** examina as modificações de forma que ocorrem em um ser entre sua concepção e sua maturidade física. A **embriologia** estuda os processos que ocorrem durante os primeiros dois meses de desenvolvimento.

2. A **anatomia comparativa** considera as semelhanças e relações entre a organização anatômica em diferentes animais. *(ver Figura 1.2)*
3. Especialidades anatômicas importantes para a prática clínica incluem **anatomia clínica** (características anatômicas que sofrem modificações específicas durante processos patológicos), **anatomia cirúrgica** (marcadores anatômicos de referência, importantes para a realização de procedimentos cirúrgicos), **anatomia por imagem (radiológica)** (estruturas anatômicas visualizáveis por procedimentos específicos não-invasivos, ou seja, realizados em um corpo intacto) e **anatomia seccional**. *(ver Figuras 1.15 a 1.17)*

Níveis de organização 4

1. Estruturas anatômicas são organizadas em séries de níveis de organização que interagem entre si e que vão desde o nível químico/molecular, passando pelo nível de célula/tecido até o nível de órgão/sistema/organismo. *(ver Figuras 1.3/1.4)*

Introdução aos sistemas de órgãos 6

1. Todos os organismos vivos são reconhecidos por um conjunto de propriedades e processos vitais: Eles **respondem** a mudanças em seus ambientes; apresentam *adaptabilidade* ao seu meio; **crescem**, **diferenciam-se** e **reproduzem-se** para criar futuras gerações; são capazes de se **movimentar**; absorvem materiais do ambiente externo e os utilizam no **metabolismo**. Os organismos absorvem e consomem oxigênio durante a **respiração** e eliminam produtos residuais por meio da **excreção**. A **digestão** quebra alimentos complexos para que sejam absorvidos e utilizados pelo corpo. O **sistema circulatório** é um sistema de transporte interno entre as regiões do corpo. *(ver Figuras 1.5/1.6)*
2. Os 11 sistemas de órgãos do corpo humano desempenham estas funções vitais para manutenção da **homeostase**. *(ver Figura 1.5)*

A terminologia anatômica (linguagem da anatomia) 13

1. A anatomia utiliza uma linguagem especial que inclui muitos termos e expressões derivados de idiomas estrangeiros, especialmente do latim e do grego. *(ver Figuras 1.7 a 1.14)*

Anatomia de superfície 14

2. Ilustrações anatômicas padrão apresentam o corpo em **posição anatômica**. O indivíduo é mostrado em pé, membros inferiores aproximados e plantas dos pés apoiadas no chão. Os membros superiores estendem-se ao lado do corpo com as palmas das mãos voltadas anteriormente. *(ver Figuras 1.8/1.10)*
3. Um indivíduo deitado em posição anatômica pode estar em **supino** (voltado para cima) ou em **prona** (de bruços)*.
4. Termos específicos identificam regiões anatômicas específicas; por exemplo, região *cefálica* (área da cabeça), *cervical* (área do pescoço) e *torácica* (área do tórax). Outros termos, como *abdominal, pélvica, lombar, glútea, púbica, braquial, antebraquial, da mão, femoral, patelar, crural, sural e do pé,* são aplicados a regiões anatômicas específicas do corpo. *(ver Figura 1.8 e Tabela 1.1)*
5. Os **quadrantes abdominopélvicos** e as **regiões abdominopélvicas** representam duas abordagens diferentes para descrever localizações nas áreas abdominais e pélvicas do corpo. *(ver Figura 1.9)*
6. Termos de direção específicos são utilizados para indicar a localização relativa de uma estrutura no corpo; por exemplo, *anterior* (à frente), *posterior* (o dorso, atrás) e *dorsal* (no dorso). Outros termos de direção encontrados ao longo do texto: *ventral, superior, inferior, medial, lateral, cranial, cefálico, caudal, proximal e distal. (ver Figura 1.10 e Tabela 1.2)*

Anatomia seccional 16

7. Existem três **planos de secção**: **plano frontal** ou **plano coronal** (anterior *versus* posterior), **plano sagital** (lado direito *versus* esquerdo) e **plano transverso** (superior *versus* inferior). Esses planos de secção e termos de referência relacionados descrevem as relações entre as partes do corpo humano tridimensional. *(ver Figura 1.11)*
8. **Reconstrução seriada** é uma técnica importante para o estudo de estruturas histológicas e para a análise de imagens geradas por meio de procedimentos radiológicos. *(ver Figura 1.12)*
9. As **cavidades do corpo** protegem órgãos delicados e permitem modificações em tamanho e forma das vísceras. A **cavidade anterior** ou **celoma** contém os órgãos dos sistemas respiratório, circulatório, digestório, urinário e genital.
10. O **diafragma** divide a cavidade anterior em **cavidade torácica**, superior, e **cavidade abdominopélvica**, inferior. *(ver Figuras 1.13/1.14)*
11. A **cavidade abdominal** estende-se da superfície inferior do diafragma a uma linha imaginária que vai da superfície inferior da última vértebra lombar à margem superior e anterior do quadril. A porção da cavidade anterior do corpo que é inferior a essa linha imaginária é a **cavidade pélvica**. *(ver Figuras 1.13/1.14)*
12. A cavidade anterior contém espaços delgados e repletos de líquido, revestidos por uma *túnica serosa*. A cavidade torácica contém duas **cavidades pleurais** (cada uma envolvendo um pulmão) separadas pelo **mediastino**. *(ver Figuras 1.13/1.14)*
13. O mediastino contém o timo, a traquéia, o esôfago, vasos sangüíneos e a **cavidade do pericárdio** que circunda o coração. A membrana que limita a cavidade pleural é denominada **pleura**; a membrana que limita a cavidade do pericárdio é denominada **pericárdio**. *(ver Figuras 1.13/1.14)*
14. A **cavidade abdominopélvica** contém a **cavidade peritoneal**, que é limitada pelo **peritônio**. Muitos órgãos digestórios são sustentados e estabilizados pelos **mesentérios****.
15. **Procedimentos radiológicos** importantes, que podem oferecer informações detalhadas sobre sistemas internos, incluem os **raios X**, varreduras (**escaneamentos) de TC**, **IRM** e **ultra-som**. Médicos que realizam e analisam esses procedimenos são chamados de **radiologistas**. *(ver Figuras 1.15 a 1.17)*

* N. de R.T. O termo supino refere-se a decúbito dorsal; prona, a decúbito ventral.

** N. de R.T. Ver nota explicativa à página 20.

REVISÃO DO CAPÍTULO

Para respostas às questões da Revisão dos Conceitos e Revisão do Capítulo, veja a seção de Respostas na parte final do livro.

Nível 1 – Revisão de fatos e termos

Associe cada item numerado com a letra do item que melhor se relaciona. Utilize letras para as respostas nos espaços apropriados.

Coluna A	**Coluna B**
__1. supino	a. estudo dos tecidos
__2. citologia	b. de bruços
__3. homeostase	c. torácica e abdominopélvica
__4. lombar	d. todas as atividades químicas do organismo
__5. prona	e. estudo das células
__6. metabolismo	f. voltado para cima
__7. cavidade anterior do corpo	g. ambiente interno constante
__8. histologia	h. região inferior do dorso

9. Um plano que passa perpendicularmente ao eixo longitudinal da parte do corpo em estudo é um plano:
   (a) sagital
   (b) coronal
   (c) transverso
   (d) frontal

10. Cavidades do corpo:
   (a) são câmaras internas contendo muitos órgãos vitais
   (b) incluem o espaço anterior e suas subdivisões
   (c) permitem a modificação de forma e tamanho das vísceras
   (d) todas as anteriores

11. A principal função do sistema _____ é o transporte interno de nutrientes, resíduos e gases.
   (a) digestório
   (b) circulatório
   (c) respiratório
   (d) urinário

12. Qual das seguintes alternativas inclui somente estruturas contidas no mediastino?
   (a) pulmões, esôfago, coração
   (b) coração, traquéia, pulmões
   (c) esôfago, traquéia, timo
   (d) faringe, timo, grandes vasos

13. Fazer uma secção sagital implica dividir o corpo em:
   (a) porções anterior e posterior do corpo
   (b) porções superior e inferior do corpo
   (c) porções dorsal e ventral do corpo
   (d) porções direita e esquerda do corpo

14. O local primário de produção de células sangüíneas é o:
   (a) sistema circulatório
   (b) sistema esquelético
   (c) tegumento comum
   (d) sistema linfático

15. Qual das seguintes regiões corresponde ao braço?
   (a) cervical
   (b) braquial
   (c) femoral
   (d) do pé

Nível 2 – Revisão de conceitos

1. Nas alternativas abaixo, identifique aquela que apresenta os termos de direção correspondentes a *ventral, posterior, superior e inferior* na seqüência correta:
   (a) anterior, dorsal, cefálico, caudal
   (b) dorsal, anterior, caudal, cefálico
   (c) caudal, cefálico, anterior, posterior
   (d) cefálico, caudal, posterior, anterior

2. Quais processos e propriedades estão associados a todos os organismos vivos?

3. Utilizando a terminologia anatômica apropriada, descreva a relação da mão com o braço.

4. O sistema que desempenha o gerenciamento de crises por meio do rápido direcionamento de respostas específicas a curto prazo é o:
   (a) sistema linfático
   (b) sistema nervoso
   (c) sistema circulatório
   (d) sistema endócrino

5. Qual plano de secção divide o corpo de tal forma a deixar a face intacta?
   (a) secção parassagital
   (b) secção frontal
   (c) secção sagital mediana
   (d) nenhuma das anteriores

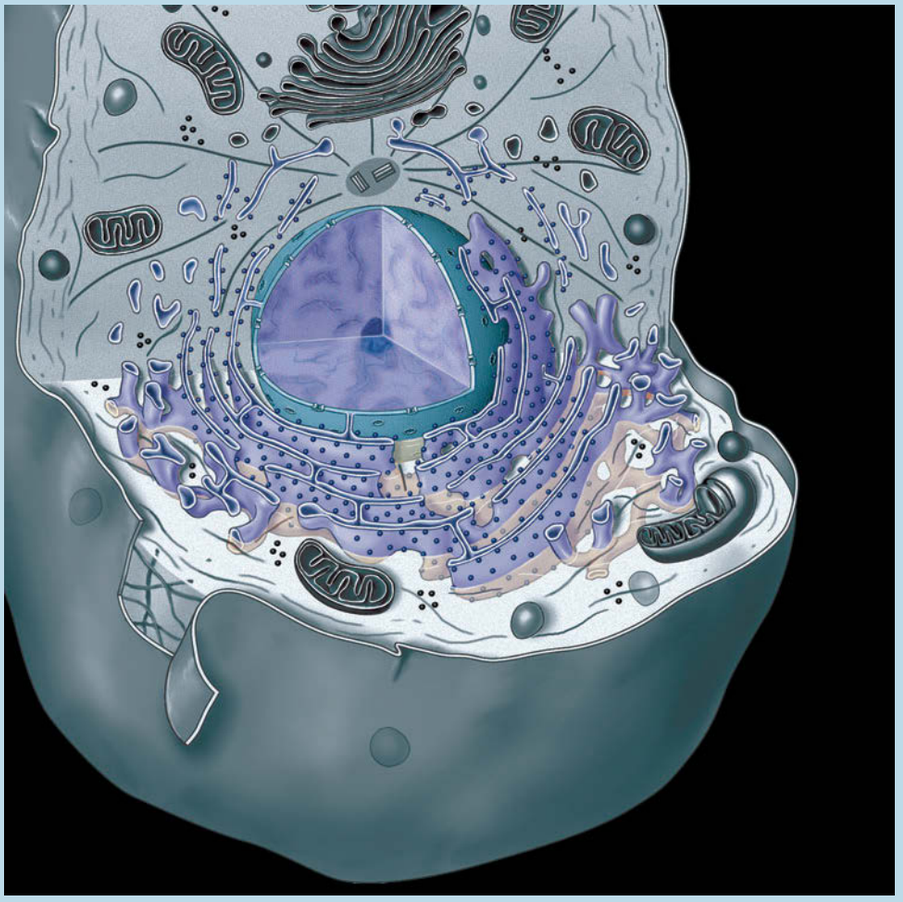
6. Por que os organismos de maiores proporções precisam ter um sistema circulatório?

Nível 3 – Pensamento crítico

1. Explique como uma interrupção do processo normal de divisão celular nas células da medula óssea poderia fundamentar o conceito de que todos os níveis de organização de um organismo são interdependentes.
2. Uma criança nascida com uma severa fenda palatina pode necessitar de cirurgia de reparo da cavidade nasal e cirurgia de reconstrução do palato duro. Quais sistemas do corpo encontram-se prejudicados nos casos de fenda palatina? Deve-se considerar também que estudos em outros mamíferos, que também desenvolvem fenda palatina, têm contribuido para a compreensão da origem e do tratamento de tal alteração. Quais especialidades anatômicas estão envolvidas na identificação e correção da fenda palatina?

2

A Célula



Introdução 27

O estudo das células 27

A anatomia da célula 29

Conexões intercelulares 43

O ciclo de vida da célula 45

OBJETIVOS DO CAPÍTULO:

1. Discutir os conceitos básicos da teoria celular.
2. Comparar as perspectivas fornecidas pelas ML, MET e MEV no estudo da estrutura celular e tecidual.
3. Explicar a estrutura e o significado do plasmalema.
4. Relacionar a estrutura de uma membrana com suas funções.
5. Descrever como os materiais movimentam-se pelo plasmalema.
6. Comparar o líquido contido em uma célula com o líquido extracelular.
7. Descrever a estrutura e a função de várias organelas não-membranosas.
8. Comparar a estrutura e a função de várias organelas membranosas.
9. Discutir o papel do núcleo como o centro de controle da célula.
10. Discutir o modo como as células podem estar interconectadas para manter a estabilidade estrutural em tecidos do corpo.
11. Descrever o ciclo de vida da célula e como as células dividem-se pelo processo de mitose.

Quando você caminha por uma loja de materiais de construção, observa uma série de itens – tijolos, lajotas, ladrilhos e uma grande variedade de madeiras serradas de diversas formas para diferentes usos. Cada item por si só não é muito importante e tem utilidade bastante limitada. Entretanto, todos eles, em quantidade suficiente, permitem a construção de uma unidade funcional, neste caso, uma casa. O corpo humano também é constituído por uma grande quantidade de componentes individuais, chamados de *células*. Assim como tijolos e madeira formam uma casa, as células individuais trabalham juntas para constituir *tecidos*, como a parede muscular do coração.

As células foram primeiramente descritas pelo cientista inglês Robert Hooke, em torno de 1665. Hooke utilizou um microscópio de luz primitivo para observar rolha seca. Ele observou milhares de pequenas câmaras vazias, as quais denominou *células*. Posteriormente, outros cientistas observaram células em plantas vivas e notaram que estes espaços eram repletos de material gelatinoso. Diversas pesquisas realizadas ao longo dos 175 anos seguintes levaram ao desenvolvimento da *teoria celular*, o conceito de que as células são as unidades fundamentais de todas as coisas vivas. Desde a década de 1830, quando foi proposta inicialmente, a teoria celular tem se expandido para incorporar muitos conceitos básicos e relevantes para a nossa discussão sobre o corpo humano:

1. As células são "blocos de construção" da estrutura de todas as plantas e animais.
2. As células são produzidas pela divisão de células preexistentes.
3. As células são as menores unidades estruturais que desempenham todas as funções vitais.

O corpo humano contém trilhões de células. Todas as nossas atividades, desde correr até raciocinar, resultam das respostas combinadas e coordenadas de milhões ou mesmo bilhões de células. Ainda assim, cada célula individual permanece "inconsciente" de seu papel no "grande cenário" – ela simplesmente responde a modificações que ocorrem em seu meio ambiente externo. Uma vez que as células formam todas as estruturas no corpo e desempenham todas as funções vitais, nossa investigação do corpo humano deve ser iniciada com o estudo da biologia básica da célula.

Existem dois tipos de células que constituem o organismo: células germinativas e células somáticas. **Células germinativas** (*células reprodutoras* ou *células sexuais*) é a denominação atribuída tanto ao espermatozóide no homem quanto ao oócito na mulher. **Células somáticas** (*soma*, corpo) incluem todas as outras células do corpo. Neste capítulo, discutiremos as células somáticas; no capítulo sobre sistema genital (Capítulo 27), discutiremos as células germinativas.

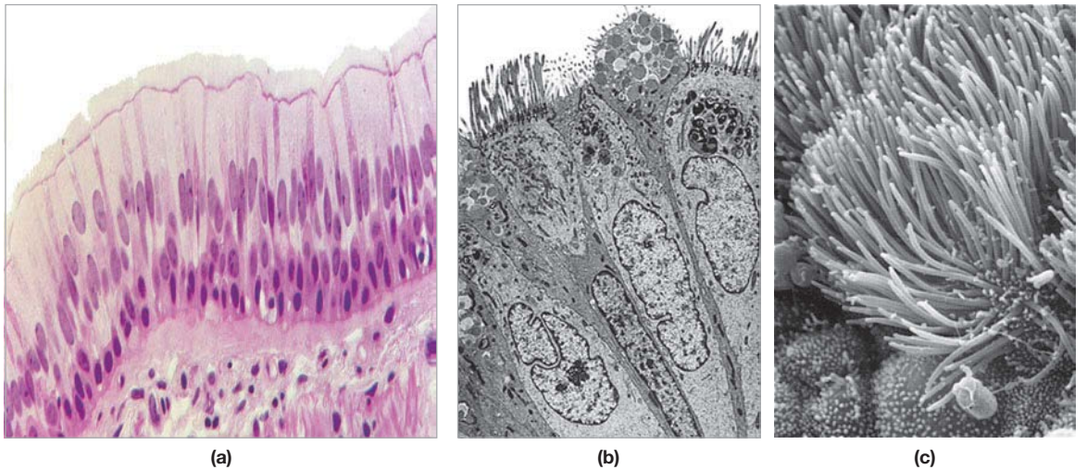
O estudo das células [Figuras 2.1/2.2]

Citologia é o estudo da estrutura e função das células. Nos últimos 40 anos temos aprendido muito sobre a fisiologia celular e o mecanismo de controle homeostático. Os dois métodos mais utilizados para estudar a célula e a estrutura tecidual são a *microscopia de luz* e a *microscopia eletrônica*.

Microscopia de luz

Historicamente, a maior parte das observações foi realizada por meio da microscopia de luz, método no qual um feixe de luz passa através de um objeto a ser visualizado. Uma fotografia obtida por meio de um microscópio de luz é chamada de micrografia de luz (ML) (ver **Figura 2.1a**). A microscopia de luz pode ampliar estruturas celulares cerca de 1.000 vezes e mostrar detalhes de até 0,25 μm. (O símbolo μm indica a unidade de medida "micrômetro"; 1 μm = 0,001 mm.) Com o microscópio de luz é possível identificar os tipos de células e observar estruturas intracelulares de maior dimensão. As células apresentam uma variedade de tamanhos e formas, conforme mostra a **Figura 2.2**. As proporções relativas das células da **Figura 2.2** estão corretas, mas todas foram ampliadas em torno de 500 vezes. Infelizmente não se pode simplesmente pegar uma célula e fixá-la em uma lâmina de microscópio e fazer fotografias. Devido ao fato de que células individuais são muito pequenas, é necessário trabalhar com um grande número de células. A maior parte dos tecidos apresenta estrutura tridimensional, e pequenas amostras de tecido podem ser removidas para observação. Inicialmente, a decomposição dos elementos celulares é evitada por meio da exposição da amostra a uma substância que interrompe as operações metabólicas sem alterar as estruturas celulares.

Mesmo assim, ainda não será possível observar a amostra de tecido em um microscópio de luz, pois um cubo com apenas 2 mm em um lado pode conter milhões de células. Será necessário então cortar a amostra em secções mais finas. Células vivas são relativamente espessas, e o conteúdo celular não é transparente. A luz só poderá passar pela secção se os cortes forem mais finos do que as células individuais. Conseguir secções tão delgadas envolve dificuldades técnicas interessantes. A maior parte dos tecidos não é muito resistente e, por isso, tentativas de se cortar uma peça fresca resultam na destruição da amostra. (Para compreender melhor o problema, procure cortar um pouco de *marshmallow* em secções finas.) Assim, antes de realizar as secções, é preciso incluir a amostra de tecido em alguma substância que a tornará mais estável, como cera, plástico ou epóxi. Estes materiais não interagem com moléculas de água, de modo



(a) (b) (c)

Figura 2.1 Técnicas diferentes, perspectivas diferentes.
Células vistas em **(a)** microscopia de luz (trato respiratório), **(b)** microscopia eletrônica de transmissão (trato intestinal) e **(c)** microscopia eletrônica de varredura (trato respiratório).

que será necessário que se desidrate a amostra antes deste processo (tipicamente por imersão em solução de álcool a 30%, 70%, 95% e finalmente 100% de concentração). Se a amostra for inclusa em cera, a cera deve estar quente o suficiente para derreter; se for utilizado o plástico ou o epóxi, o calor é gerado no próprio processo de enrijecimento.

Após a inclusão da amostra, é possível seccionar o bloco com o uso de uma máquina denominada micrótomo, que utiliza uma lâmina de corte que pode ser de metal, vidro ou diamante. Para observação ao microscópio de luz, um corte típico tem cerca de 5 μm de espessura. Os cortes finos são então colocados em lâminas de microscópio. A remoção da cera das amostras que estão inclusas nesta substância pode ser feita com o uso de um solvente, como o xilol. Mas o processo ainda não está terminado: nestes cortes delgados, o conteúdo das células é quase transparente; não é possível distinguir ainda os detalhes intracelulares com o uso de um microscópio de luz comum. É necessário que se adicione, antes, coloração às estruturas internas por meio do tratamento das lâminas com tintas especiais denominadas corantes. Alguns corantes são dissolvidos em água e outros em álcool. Nem todos os tipos de células absorvem um determinado corante na mesma intensidade e algumas células podem não absorver o corante em questão; o mesmo ocorre com as organelas. Por exemplo, em uma amostra retirada da túnica mucosa da bochecha, um determinado corante pode tingir apenas certos tipos de bactérias; em uma amostra de sêmen, outro corante pode tingir apenas os flagelos dos espermatozóides. Muitas colorações utilizadas ao mesmo tempo acabam se sobrepondo, e pode ser necessário reiniciar o processo. Após as colorações, pode-se colocar uma lamínula sobre o corte da amostra (geralmente após uma nova desidratação) e então é possível observar o resultado do seu trabalho.

Qualquer corte isolado mostra apenas parte da célula ou do tecido. Para reconstruir a estrutura do tecido, é necessário observar uma série de cortes seqüenciais. Após examinar dezenas ou centenas de cortes, é possível compreender a estrutura das células e a organização da sua amostra de tecido. Sua reconstrução vai permitir que você compreenda a aparência destas células após terem sido (1) mortas por um processo artificial; (2) desidratadas; (3) inclusas em cera ou plástico; (4) seccionadas em cortes delgados; (5) reidratadas, desidratadas e coradas com várias substâncias químicas; e (6) observadas sob as limitações do seu equipamento. Um bom citologista ou histologista é extremamente cuidadoso, precavido e autocrítico, e entende que muito do processo de preparação laboratorial é uma arte, assim como uma ciência.

Microscopia eletrônica

Células individuais são relativamente transparentes e é difícil diferenciar cada uma em um grupo de células adjacentes. A observação torna-se mais fácil se as células forem tratadas com substâncias que coram estruturas intracelulares específicas. Embora técnicas especiais de coloração mostrem detalhes da distribuição geral de proteínas, lipídeos, carboidratos ou ácidos nucléicos na célula, detalhes mais finos da estrutura intracelular continuavam a ser desconhecidos, até que os cientistas começaram a utilizar a microscopia eletrônica. Esta técnica utiliza um feixe focado de elétrons, em vez do feixe de luz, para examinar a estrutura celular. Na **microscopia eletrônica de transmissão**, os elétrons penetram em cortes ultrafinos de tecido e atingem um filme fotográfico. O resultado é uma micrografia eletrônica de transmissão (MET). A microscopia eletrônica de transmissão mostra a estrutura fina do plasmalema (membrana celular) e os detalhes das estruturas intracelulares (Figura 2.1b). Na **microscopia eletrônica de varredura**, os elétrons são excitados e expulsos das superfícies expostas revestidas com filme de carbono-ouro, criando a micrografia eletrônica de varredura (MEV). Ainda que a microscopia eletrônica de varredura ofereça menos ampliação em relação à microscopia eletrônica de transmissão, ela oferece uma perspectiva tridimensional da estrutura celular (Figura 2.1c).

Este nível de detalhamento também traz limitações próprias. No nível da microscopia de luz, se você fosse cortar uma célula grande como um pedaço de pão, você poderia produzir, por exemplo, 10 cortes de uma célula. Você poderia rever toda a série utilizando um microscópio em alguns minutos. Se você cortasse a mesma célula para observação ao microscópio eletrônico, você teria 1.000 cortes, e a observação de cada um levaria horas!

Muitos outros métodos podem ser usados para observar estruturas de células e tecidos, e exemplos podem ser encontrados nas páginas seguintes e ao longo de todo o livro. Este capítulo descreve a estrutura de uma célula típica, alguns modos como as células interagem com seu meio ambiente externo e como se multiplicam.

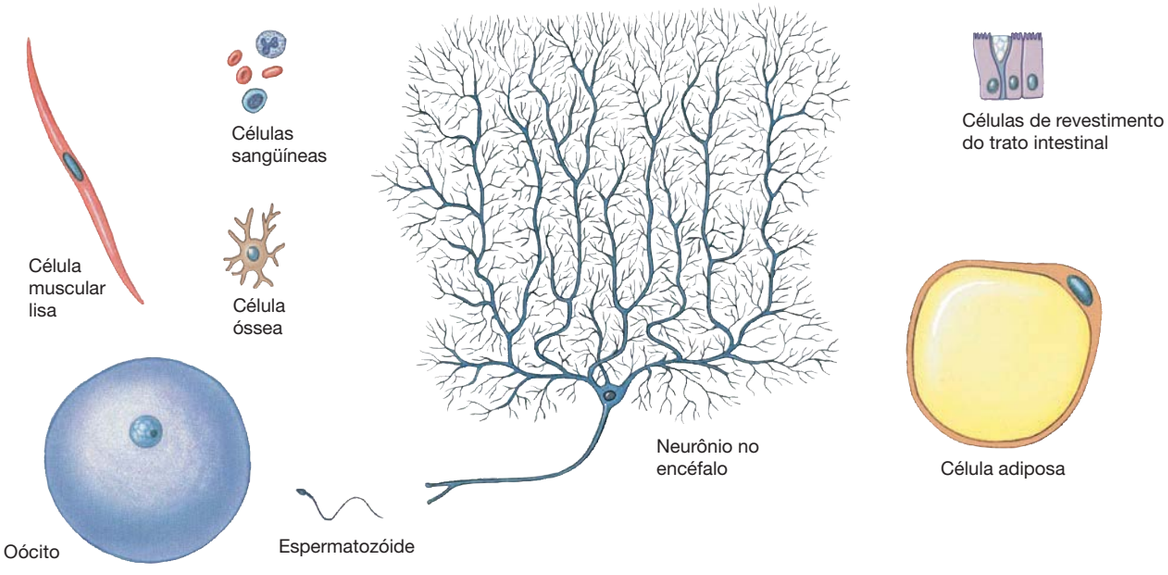
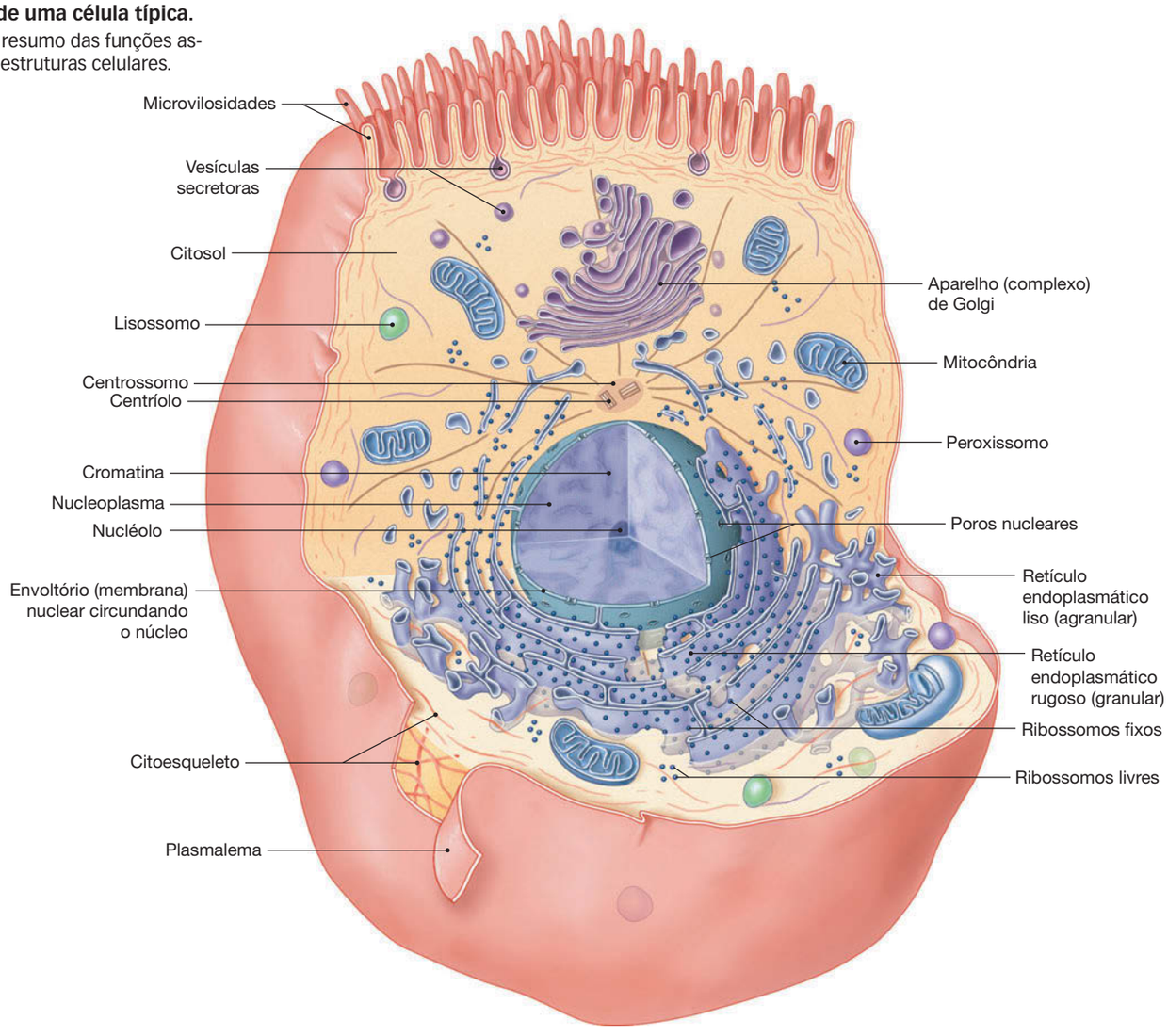


Figura 2.2 A diversidade das células no corpo.
As células do corpo podem apresentar diversos formatos e várias funções especiais. Estes exemplos dão uma idéia da gama de formas e tamanhos; todas as células são mostradas com as dimensões que teriam se observadas sob uma ampliação de aproximadamente 500 vezes.

Figura 2.3 Anatomia de uma célula típica.
Veja a Tabela 2.1 para um resumo das funções associadas com as diversas estruturas celulares.



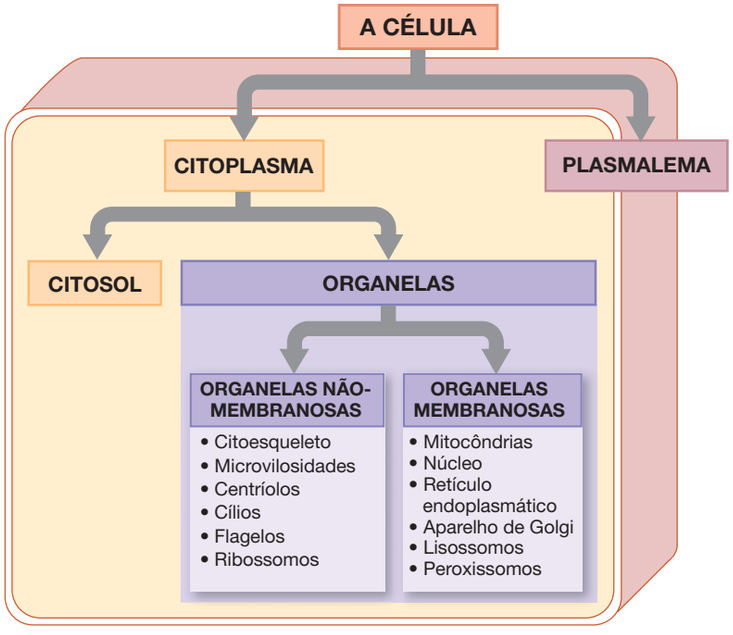


Figura 2.4 Fluxograma para o estudo da estrutura celular.
O citoplasma é subdividido em citosol e organelas. As organelas são subdivididas em organelas não-membranosas e organelas membranosas.

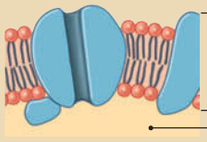
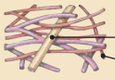
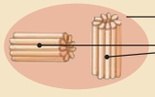
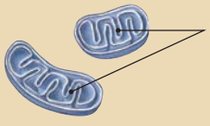
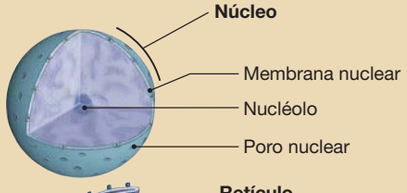
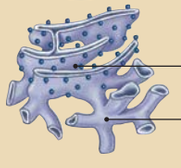
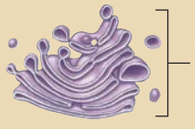
A anatomia da célula

[Figuras 2.3/2.4 e Tabela 2.1]

Uma célula "típica" é como uma pessoa "comum". Qualquer descrição pode ser entendida apenas em termos gerais, uma vez que ocorrem enormes variações individuais. Nossa célula modelo típica compartilhará características com a maior parte das células do corpo sem ser idêntica a qualquer uma delas. A **Figura 2.3** representa tal célula, e a Tabela 2.1 resume as principais estruturas e funções de suas partes.

A **Figura 2.4** apresenta a organização deste capítulo. Nossa célula representativa flutua em um meio aquoso, conhecido como **líquido extracelular**. O *plasmalema* separa o conteúdo da célula, ou *citoplasma*, do líquido extracelular. O citoplasma pode ainda ser subdividido em um líquido, o *citosol*, e estruturas intracelulares, coletivamente denominadas *organelas* ("pequenos órgãos").

TABELA 2.1 Anatomia de uma célula representativa

Aparência	Estrutura	Composição	Funções
PLASMALEMA E CITOSOL			
	Plasmalema	Camada lipídica dupla, contendo fosfolipídeos, esteróides, proteínas e carboidratos	Isolamento; proteção; sensibilidade; sustentação; controle da entrada e saída de materiais
	Citosol	Componente líquido do citoplasma; pode conter inclusões de material insolúvel	Distribui materiais por difusão; armazena glicogênio, pigmentos e outros materiais
ORGANELAS NÃO-MEMBRANOSAS			
	Citoesqueleto Microtúbulo Microfilamento	Proteínas organizadas em filamentos finos ou tubos delgados	Força e sustentação; movimentação de materiais e estruturas celulares
	Microvilosidades	Extensões da membrana contendo microfilamentos	Ampliam a área de superfície para facilitar a absorção de materiais extracelulares
	Centrossomo Centríolos	Citoplasma contendo dois centríolos, em ângulos retos; cada centríolo é constituído por nove trios de microtúbulos em uma disposição 9 + 0	Essencial para a movimentação dos cromossomos durante a divisão celular; organização dos microtúbulos no citoesqueleto
	Cílios	Extensões da membrana contendo nove pares de microtúbulos em uma disposição 9 + 2	Movimentam materiais na superfície das células
	Ribossomos	RNA + proteínas; ribossomos fixos, ligados ao retículo endoplasmático rugoso, ribossomos livres, dispersos no citoplasma	Síntese protéica
ORGANELAS MEMBRANOSAS			
	Mitocôndria	Membrana dupla com dobras internas de membrana (cristas) que englobam enzimas metabólicas	Produz 95% do ATP necessário para a célula
	Núcleo	Nucleoplasma contendo nucleotídeos, enzimas, nucleoproteínas e cromatina; envolto por dupla membrana (membrana nuclear) contendo poros nucleares	Controle do metabolismo; armazenamento e processamento de informação genética; controle da síntese protéica
	Membrana nuclear		
	Nucléolo	Região densa no nucleoplasma, contendo DNA e RNA	Local onde ocorre a síntese de RNAr e a construção das subunidades ribossômicas
	Poro nuclear		
	Retículo endoplasmático	Rede de canais membranosos que se estendem através do citoplasma	Síntese de produtos secretados; armazenamento e transporte intracelular
	RE rugoso (granular)	Tem ribossomos ligados à membrana	Modificação e encapsulamento de proteínas recém-sintetizadas
	RE liso (agranular)	Não tem ribossomos ligados à membrana	Síntese de lipídeos, esteróides e carboidratos; armazenamento de íons cálcio
	Aparelho (complexo) de Golgi	Pilhas de membranas planas (cisternas) contendo câmaras	Armazenamento, alteração e encapsulamento de produtos secretados e enzimas lisossômicas
	Lisossomo	Vesículas contendo enzimas digestivas	Remoção intracelular de organelas danificadas ou de patógenos
	Peroxissomo	Vesículas contendo enzimas de degradação	Catabolismo de gorduras e outros componentes orgânicos; neutralização de compostos tóxicos gerados no processo

O plasmalema [Figura 2.5]

O limite externo de uma célula é chamado de **plasmalema**, que também pode ser denominado **membrana celular** ou *membrana plasmática*. É extremamente delgado e delicado, variando entre 6 e 10 nm (1 nm = 0,001 µm) de espessura. Entretanto, ele contém uma estrutura complexa composta de fosfolipídeos, proteínas, glicolipídeos e colesterol. A estrutura do plasmalema é representada na Figura 2.5.

O plasmalema é chamado de **dupla camada fosfolipídica** porque seus fosfolipídeos formam duas camadas distintas. Em cada camada, as moléculas de fosfolipídeo posicionam-se de tal forma que as "cabeças" ficam voltadas para a superfície e as "caudas" voltadas para o interior. Íons dissolvidos e compostos solúveis em água não conseguem atravessar a camada lipídica do plasmalema, pois as caudas lipídicas não se ligam às moléculas de água. Esta característica torna a membrana muito eficaz em isolar o citoplasma do ambiente externo líquido. Tal isolamento é importante porque a composição do citoplasma é muito diferente da composição do líquido extracelular, e esta diferença precisa ser mantida.

Há dois tipos gerais de proteínas nas membranas: **proteínas periféricas**, ligadas ou à superfície interna ou à superfície externa da membrana, e **proteínas integrais**, inclusas na membrana. A maior parte das proteínas integrais apresenta tamanho igual ou maior do que a espessura da membrana e são chamadas, portanto, de *proteínas transmembrana*. Algumas proteínas integrais formam **canais** que permitem a passagem de íons, moléculas de água e pequenos compostos solúveis em água, tanto para o interior quanto para o exterior da célula. A maior parte da comunicação entre o interior e o exterior das células é realizada através desses canais. Alguns canais são chamados de **canais-porta** pois podem abrir ou fechar para regular a passagem de materiais. Outras proteínas integrais podem funcionar como catalisadores, ou como locais receptores ou no reconhecimento célula-célula.

As superfícies interna e externa do plasmalema diferem na sua composição protéica e lipídica. O carboidrato, (*glico-*) componente dos glicolipídeos e das glicoproteínas, que se estendem além da superfície exterior do plasmalema, forma um revestimento superficial viscoso conhecido como **glicocálice** (*calyx*, cálice). Algumas destas moléculas funcionam como receptores: quando ligado a uma molécula específica no líquido extracelular, um receptor de membrana pode disparar uma modificação na atividade celular. Por exemplo, enzimas citoplasmáticas na superfície interna do plasmalema podem estar ligadas a proteínas integrais, e as atividades dessas enzimas podem ser afetadas por eventos na superfície da membrana.

As funções gerais do plasmalema incluem:

1. *Isolamento físico:* A dupla camada lipídica do plasmalema forma uma barreira física que separa o meio interno da célula do líquido extracelular que a envolve.
2. *Regulação de trocas com o ambiente externo:* O plasmalema controla a entrada de íons e nutrientes, a eliminação de resíduos e a liberação de produtos secretados.
3. *Sensibilidade:* O plasmalema é a primeira parte da célula afetada por mudanças no líquido extracelular. Também contém uma variedade de receptores que permite que a célula reconheça e responda a moléculas específicas em seu meio e se comunique com outras células. Qualquer alteração no plasmalema pode afetar as atividades celulares.
4. *Sustentação estrutural:* Conexões especializadas entre plasmalemas ou entre membranas e materais extracelulares dão ao tecido uma estrutura estável.

A estrutura da membrana é líquida. O colesterol ajuda a estabilizar a estrutura da membrana e a manter sua fluidez. Proteínas integrais podem mover-se dentro da membrana como cubos de gelo à deriva em um copo de bebida. Além disso, a composição do plasmalema pode mudar ao longo do tempo por meio da remoção e substituição de seus componentes.

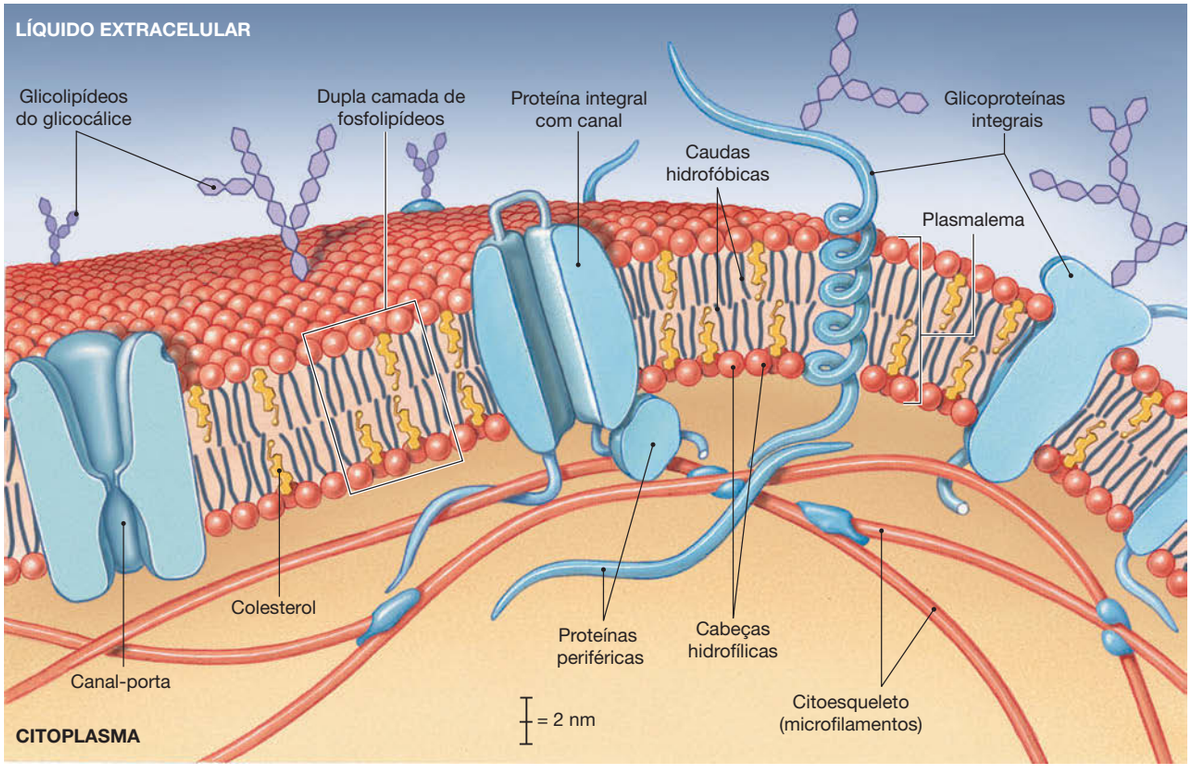


Figura 2.5 **O plasmalema.**

Permeabilidade da membrana: processos passivos

A **permeabilidade** da membrana é uma propriedade que determina sua efetividade como uma barreira. Quanto maior a permeabilidade, maior a facilidade de penetração de substâncias através da membrana. Se nada pode atravessar a membrana, ela é descrita como **impermeável**. Se qualquer substância pode atravessar sem dificuldade, a membrana é **livremente permeável**. Plasmalemas de característica intermediária são chamados de **seletivamente permeáveis**. Uma membrana seletivamente permeável permite a passagem livre de alguns materiais e restringe a passagem de outros. A distinção pode ser baseada em tamanho, carga elétrica, forma molecular, solubilidade da substância ou qualquer combinação destes fatores.

A permeabilidade do plasmalema varia dependendo da organização e das características dos lipídeos e das proteínas da membrana. Os processos envolvidos na passagem de uma substância através da membrana podem ser passivos ou ativos. Processos ativos, discutidos posteriormente neste capítulo, exigem que a célula recorra a uma fonte energética, geralmente *adenosina trifosfato*, ou *ATP*. Nos processos passivos há movimentação de íons ou moléculas através do plasmalema sem qualquer gasto energético por parte da célula. Os processos passivos incluem *difusão*, *osmose* e *difusão facilitada.*

Difusão [Figura 2.6] Íons e moléculas em solução estão em constante movimento, esbarrando-se uns nos outros e colidindo com moléculas de água. O resultado das colisões e contatos que ocorrem continuamente é o processo chamado de difusão. A **difusão** pode ser definida como o movimento em rede de um material de uma área onde sua concentração é relativamente alta para uma área onde sua concentração é relativamente baixa. A diferença entre concentrações altas e baixas representa um **gradiente de concentração**, e a difusão continua até que o gradiente seja eliminado. Uma vez que a difusão ocorre de uma região de maior concentração para uma de menor concentração, ela é freqüentemente descrita como um procedimento que está "abaixando um gradiente de concentração". Quando um gradiente de concentração foi eliminado, há um estado de equilíbrio. Ainda que o movimento molecular continue, não há mais movimento de rede em nenhuma direção particular.

A difusão é importante nos líquidos corporais porque tende a eliminar gradientes de concentração localizados. Por exemplo, uma célula ativa gera dióxido de carbono e absorve oxigênio. Como resultado, o líquido extracelular em torno das células desenvolve uma concentração relativamente alta de CO_2 e uma concentração relativamente baixa de O_2. A difusão então distribui o dióxido de carbono através do tecido e para dentro da corrente sangüínea. Ao mesmo tempo, o oxigênio é difundido do sangue para dentro dos tecidos.

Nos líquidos extracelulares do corpo, a água e solutos (substâncias dissolvidas em água) difundem-se livremente. Um plasmalema, entretanto, atua como uma barreira que seletivamente restringe a difusão. Algumas substâncias podem atravessar livremente, enquanto outras não penetram na membrana. Apenas duas rotas estão disponíveis para um íon ou molécula se difundir através do plasmalema: através de um dos canais da membrana ou através da porção lipídica da membrana. O tamanho do íon ou da molécula e qualquer carga elétrica que possa carregar determinam sua capacidade de passar através dos canais da membrana. Para atravessar a porção lipídica da membrana, a molécula precisa ser lipossolúvel. Estes mecanismos estão resumidos na Figura 2.6.

Osmose Plasmalemas são bastante permeáveis a moléculas de água. A difusão de água através da membrana de uma região de alta concentração para uma região de baixa concentração de água é tão importante que recebe o nome especial de **osmose** (*osmos*, impulso). Sempre que existe um gradiente osmótico, moléculas de água difundem-se rapidamente através do plasmalema até que o gradiente osmótico seja eliminado. Por questão de conveniência, sempre utilizaremos o termo *osmose* quando considerarmos o movimento da água e restringiremos o uso do termo *difusão* para a movimentação de solutos.

Difusão facilitada Muitos nutrientes essenciais, como glicose e aminoácidos, são insolúveis em lipídeos e muito grandes para atravessar os canais da membrana. Estes compostos podem ser passivamente transportados através das membranas por **proteínas transportadoras** especiais em um processo denominado **difusão facilitada**. A molécula a ser transportada liga-se inicialmente a um **receptor local** em uma proteína integral da membrana. Ela é então movida para o interior do plasmalema e liberada no citoplasma. Não há gasto de ATP nas difusões facilitadas nem nas difusões simples; em cada caso, moléculas movem-se de uma área de maior concentração para uma de menor concentração.

Permeabilidade da membrana: processos ativos

Todos os **processos ativos de membrana** precisam de energia. Por meio do gasto de energia, em geral na forma de ATP, a célula transporta substâncias *no sentido contrário de seus gradientes de concentração.* Consideraremos dois processos ativos: *transporte ativo* e *endocitose.*

Transporte ativo O processo chamado de **transporte ativo** ocorre quando a ligação de alta energia no ATP fornece a energia necessária para mover íons ou moléculas através da membrana. O processo é complexo, e enzimas específicas precisam estar presentes, além das proteínas transportadoras. Embora exija energia, o transporte ativo oferece uma grande vantagem: ele não depende da concentração de gradiente. Como resultado, a célula pode importar ou exportar materiais específicos *independentemente das suas concentrações intracelulares e extracelulares.*

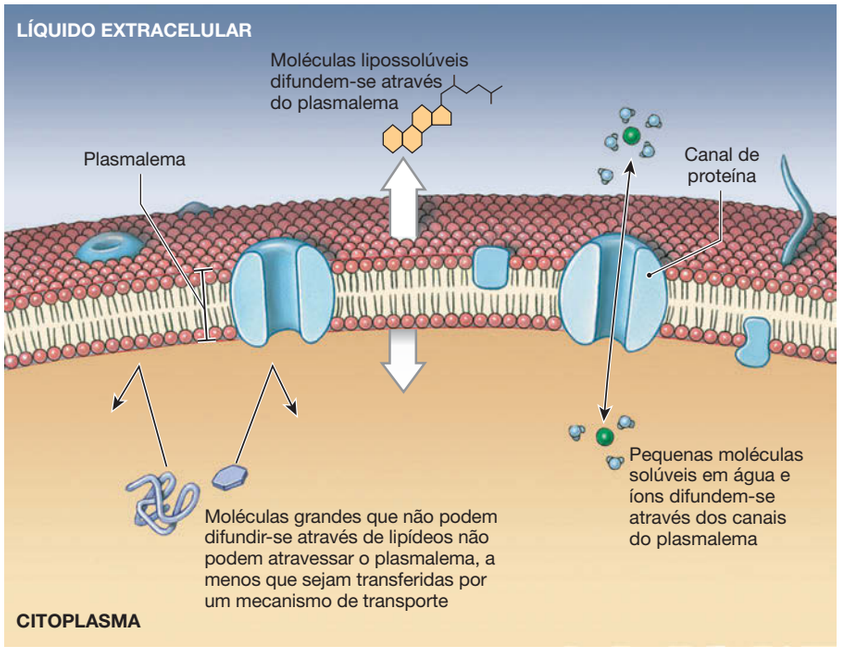


Figura 2.6 Difusão através do plasmalema.
Pequenos íons e moléculas solúveis em água difundem-se através dos canais do plasmalema. Moléculas lipossolúveis podem atravessar o plasmalema por difusão através da dupla camada de fosfolipídeos. Moléculas grandes que não são lipossolúveis não podem difundir-se através do plasmalema.

Todas as células vivas apresentam transporte ativo de sódio (Na^+), potássio (K^+), cálcio (Ca^{2+}) e magnésio (Mg^{2+}). Células especializadas podem transportar íons adicionais, como iodo (I^-) ou ferro (Fe^{2+}). Muitos destes mecanismos de transporte, conhecidos como **bombas de íons**, movimentam cátions ou ânions específicos em uma direção, tanto para o interior quanto para o exterior da célula. Se um íon move-se em uma direção enquanto outro move-se na direção oposta, o transportador é denominado **bomba de troca**. As demandas de energia dessas bombas são impressionantes; uma célula em repouso pode usar até 40% do ATP que produz para manter funcionando suas bombas de troca.

Endocitose O processo de englobamento de materiais extracelulares em vesículas na superfície da célula para dentro da célula é denominado **endocitose**. Esse processo, que envolve volumes relativamente grandes de material extracelular, é algumas vezes chamado de *transporte de volume*. Há três tipos principais de endocitose: *pinocitose*, *fagocitose* e *endocitose mediada por receptor*. Todos os três precisam de energia em forma de ATP e são portanto classificados como processos ativos. O mecanismo é supostamente o mesmo em todos os casos, mas o mecanismo em si permanece desconhecido.

Todas as formas de endocitose produzem pequenos compartimentos ligados à membrana, chamados de *endossomos*. Uma vez que uma vesícula tenha se formado por endocitose, seu conteúdo só entrará no citosol se puder passar através da parede da vesícula. Esta passagem pode envolver transporte ativo, difusão simples ou facilitada, ou a destruição da membrana da vesícula.

Pinocitose [Figura 2.7a] A formação de *pinossomos*, ou vesículas repletas de líquido extracelular, é o resultado do processo chamado de **pinocitose**, ou *captação de líquidos*. Nesse processo, um sulco profundo ou bolsa forma-se no plasmalema e fecha-se na extremidade (Figura 2.7a). Nutrientes, como lipídeos, açúcares e aminoácidos, então entram no citoplasma por difusão ou transporte ativo a partir do líquido encapsulado. A membrana do pinossomo retorna então à superfície da célula.

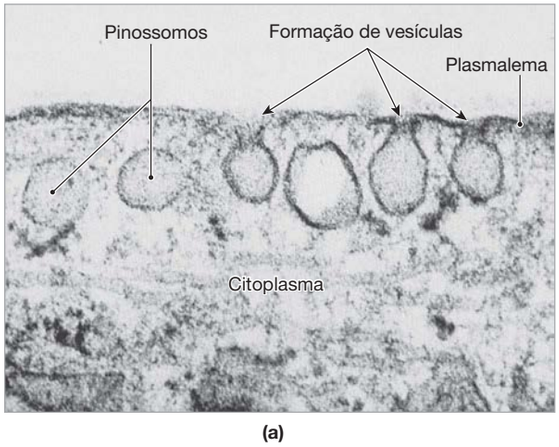
Virtualmente todas as células fazem pinocitose desta forma. Em algumas células especializadas, o pinossomo forma-se em um lado da célula e percorre o citoplama até o lado oposto. Ali ele funde-se ao plasmalema e elimina seu conteúdo por meio do processo de *exocitose*, descrito na página 42. Este método de transporte pesado é observado nas células de revestimento dos capilares, os vasos sangüíneos mais delicados. Tais células utilizam a pinocitose para transferir líquidos e solutos da corrente sangüínea para os tecidos circunvizinhos.

Fagocitose [Figura 2.7b] Objetos sólidos são captados para o interior das células e encapsulados em vesículas por meio da **fagocitose** ou "*captação de sólidos*". Este processo produz vesículas que podem ser do tamanho da própria célula, e está representado na Figura 2.7b. Extensões citoplasmáticas chamadas de **pseudópodos** (*pseudo*, falso + *podon*, pé) envolvem o objeto e fundem as suas extremidades para formar uma vesícula conhecida como *fagossomo*. O fagossomo pode então fundir-se com um lisossomo, e o conteúdo do fagossomo é digerido por enzimas lisossômicas.

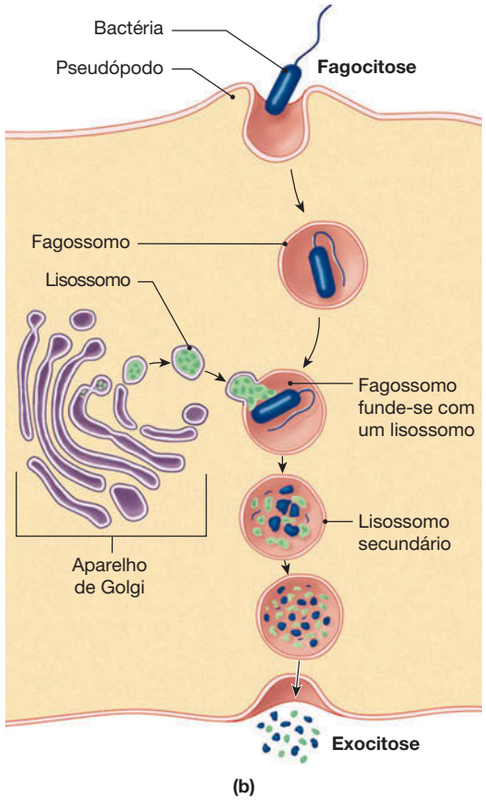
A maior parte das células faz pinocitose, porém a fagocitose, especialmente a captação de células vivas ou mortas, é realizada apenas por células especializadas do sistema imunológico. A atividade fagocitária dessas células será considerada nos capítulos que tratam de células sangüíneas (Capítulo 20) e do sistema linfático (Capítulo 23).

Endocitose mediada por receptor [Figura 2.8 e Tabela 2.2] Um processo semelhante à pinocitose, porém muito mais seletivo, é denominado **endocitose mediada por receptor** (Figura 2.8). A pinocitose produz pinossomos repletos de líquido extracelular; a endocitose mediada por receptor produz *vesículas revestidas* que contêm um tipo de molécula-alvo específico, em alta concentração. As substâncias-alvo, chamadas

Figura 2.7 Pinocitose e fagocitose.
(a) Micrografia eletrônica mostrando a pinocitose. **(b)** Material trazido para o interior da célula por meio da fagocitose é encapsulado em um pinossomo e subseqüentemente exposto a enzimas lisossômicas. Após a absorção de nutrientes advindos da vesícula, os resíduos são liberados por exocitose.



(a)

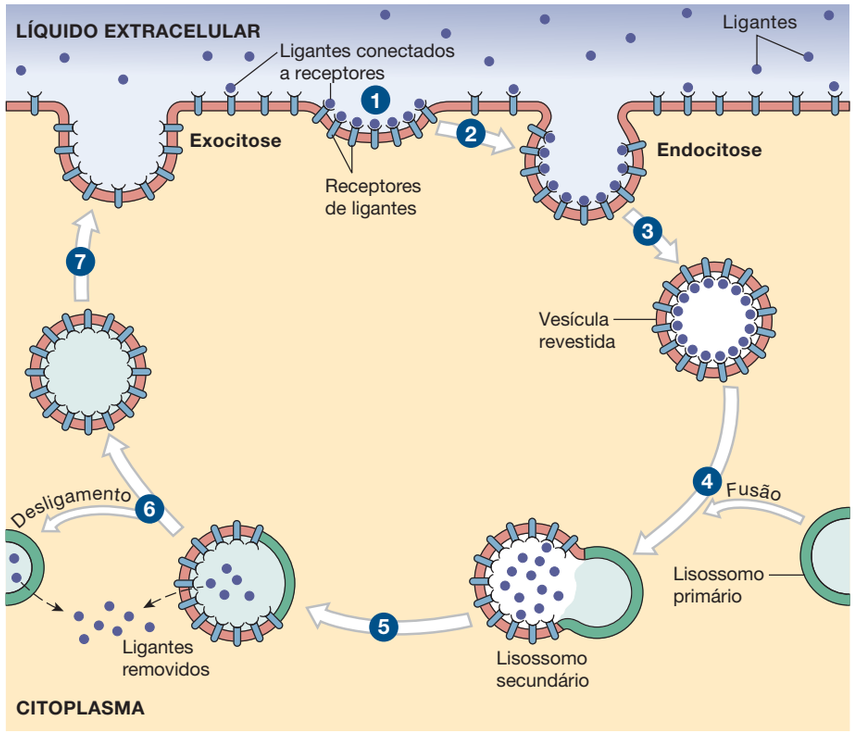


(b)

de *ligantes*, são ligadas a receptores na superfície da membrana. Muitas substâncias importantes, incluindo o colesterol e íons ferro (Fe^{2+}), são distribuídas pelo corpo ligadas a proteínas especiais de transporte. As proteínas são muito grandes para passar através dos poros da membrana, mas elas podem entrar na célula por meio da endocitose mediada por receptor. A vesícula acaba retornando à superfície da célula e funde-se ao plasmalema. Com a fusão da vesícula revestida ao plasmalema, seu conteúdo é liberado no líquido extracelular. Esta liberação é outro exemplo do processo de exocitose. Um resumo e uma comparação dos mecanismos envolvidos no movimento através do plasmalema encontram-se apresentados na Tabela 2.2.

Extensões do plasmalema: microvilosidades

Microvilosidades [Figura 2.9a,b] Pequenas projeções digitiformes do plasmalema são denominadas **microvilosidades**. São encontradas em



Endocitose mediada por receptor

1. As moléculas-alvo (ligantes) ligam-se a receptores no plasmalema
2. Áreas cobertas com ligantes formam "bolsas" profundas na superfície do plasmalema
3. As "bolsas" desprendem-se, formando endossomos denominados vesículas revestidas
4. As vesículas revestidas fundem-se com os lisossomos primários para formar lisossomos secundários
5. Ligantes são removidos e absorvidos no citoplasma
6. As membranas do lisossomo e do endossomo separam-se
7. O endossomo funde-se com o plasmalema e os receptores ficam novamente disponíveis para outros ligantes

Figura 2.8 **Endocitose mediada por receptor.**

TABELA 2.2 Resumo dos mecanismos envolvidos na movimentação através do plasmalema

Mecanismo	Processo	Fatores que interferem na velocidade	Substâncias envolvidas
PASSIVO			
Difusão	Movimentação molecular de solutos; direção determinada pelas concentrações relativas	Nível do gradiente, tamanho molecular, carga, solubilidade da proteína lipídica, temperatura	Pequenos íons, materiais lipossolúveis (todas as células)
Osmose	Movimentação das moléculas de água (solvente) em direção a concentrações elevadas de soluto; precisa da membrana	Gradiente de concentração, pressão oposta	Apenas água (todas as células)
Difusão facilitada	Moléculas transportadoras carregam materiais e reduzem um gradiente de concentração; precisa da membrana	Idem ao anterior, além da disponibilidade de proteína transportadora	Glicose e aminoácidos (todas as células)
ATIVO			
Transporte ativo	Moléculas transportadoras trabalham, mesmo contra gradientes de concentração	Disponibilidade de transportador, substrato e ATP	Na^+, K^+, Ca^{2+}, Mg^{2+} (todas as células); provavelmente outros solutos em casos especiais
Endocitose	Formação de vesículas membranosas (endossomos) contendo material líquido ou sólido no plasmalema	Estímulo e mecanismo não compreendidos; precisa de ATP	Líquidos, nutrientes (todas as células); fragmentos, patógenos (células especiais)
Exocitose	Fusão ao plasmalema de vesículas contendo líquidos e/ou sólidos	Estímulo e mecanismo não completamente compreendidos; precisa de ATP e íons cálcio	Líquidos e resíduos (todas as células)

células ativamente envolvidas na absorção de materiais do líquido extracelular, como as células do intestino delgado e dos rins (**Figura 2.9a,b**). Microvilosidades são importantes pois aumentam a área exposta ao ambiente extracelular para aumentar a absorção. Uma rede de filamentos enrijece cada microvilosidade e a ancora à *rede terminal*, uma densa rede de sustentação dentro do citoesqueleto subjacente. Interações entre estes microfilamentos e o citoesqueleto podem produzir uma ação ondulatória ou de curvamento. Seus movimentos auxiliam a circulação do líquido em torno das microvilosidades, facilitando o contato de nutrientes dissolvidos com os receptores na superfície da membrana.

REVISÃO DOS CONCEITOS

1. Que termo é utilizado para descrever a permeabilidade dos plasmalemas?
2. Descreva os processos de osmose e difusão. De que forma eles diferem entre si?
3. Quais são os três principais tipos de endocitose? Como eles diferem entre si?
4. Células que revestem o intestino delgado apresentam numerosas projeções digitiformes na sua superfície livre. O que são estas estruturas e qual é a sua função?

Veja a seção de Respostas na parte final do livro.

O citoplasma

O termo geral para todo o material no interior da célula é **citoplasma**. O citoplasma contém muito mais proteínas do que o meio extracelular; proteínas são responsáveis por cerca de 15 a 30% do peso da célula. O citoplasma inclui duas principais subdivisões:

1. *Citosol*, ou líquido intracelular. O citosol contém nutrientes dissolvidos, íons, proteínas solúveis e insolúveis e produtos residuais. O plasmalema separa o citosol do líquido extracelular circundante.
2. *Organelas* são estruturas intracelulares que executam funções específicas.

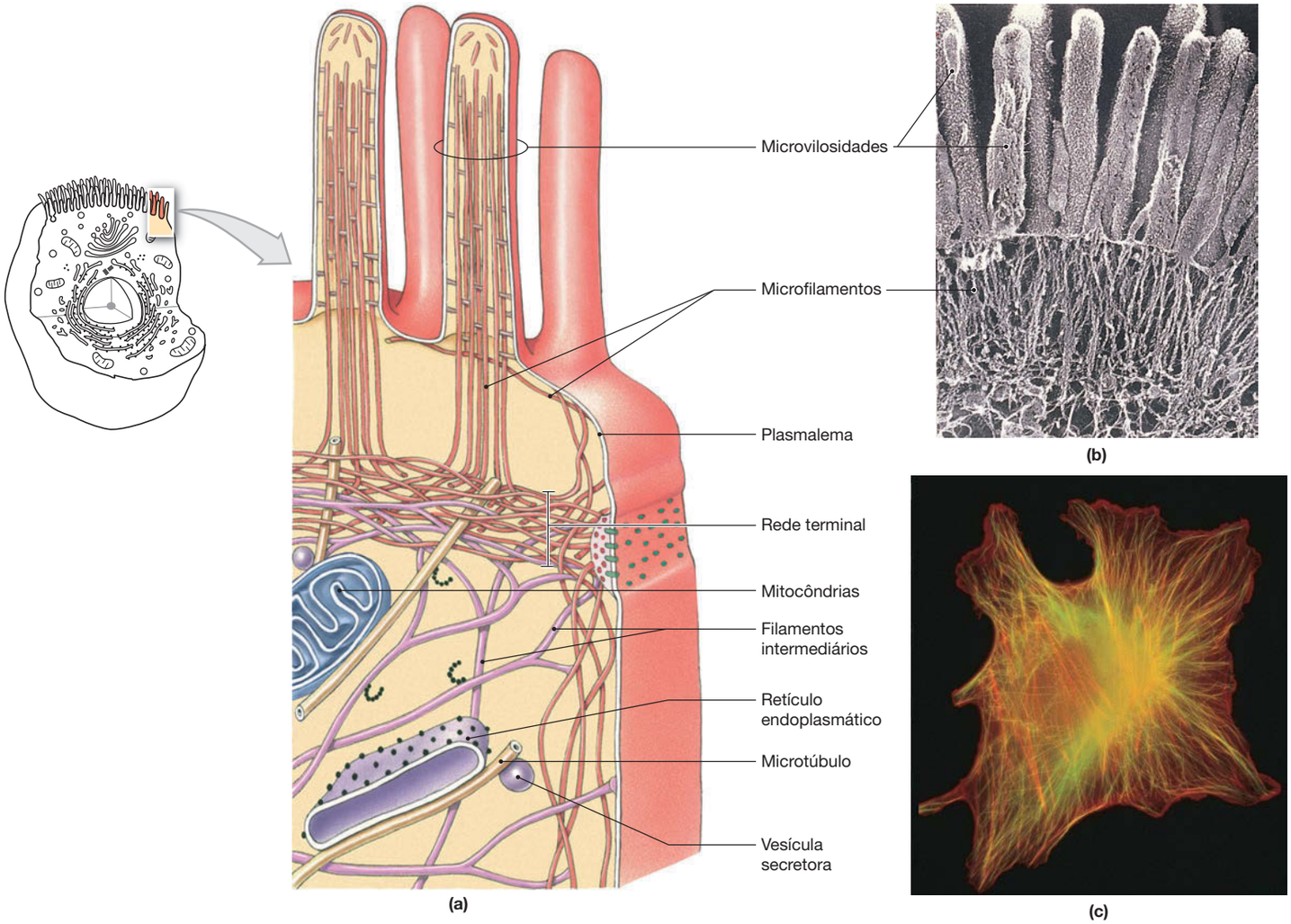


Figura 2.9 O citoesqueleto.
(a) O citoequeleto fornece força e sustentação necessários para a célula e suas organelas. Interações entre os elementos do citoesqueleto são importantes para movimentar organelas e modificar o formato da célula. **(b)** Uma imagem de MEV dos microfilamentos e das microvilosidades de uma célula intestinal. **(c)** Microtúbulos em uma célula viva, vistos após marcação fluorescente especial. (ML x 3.200)

O citosol

O citosol é significativamente diferente do líquido extracelular. Três diferenças importantes são:

1. O citosol contém uma elevada concentração de íons potássio, enquanto o líquido extracelular contém elevadas concentrações de íons sódio. A quantidade de íons positivos e negativos não está em equilíbrio através da membrana; o meio externo apresenta um excesso de cargas positivas, enquanto o meio interno apresenta um excesso de cargas negativas. A separação de cargas desiguais cria um *potencial transmembrana*, como uma bateria em miniatura. A importância do potencial transmembrana ficará mais clara no Capítulo 13.
2. O citosol contém concentração relativamente elevada de proteínas dissolvidas e em suspensão. Muitas dessas proteínas são enzimas que regulam operações metabólicas, enquanto outras estão associadas a várias organelas. Essas proteínas propiciam ao citosol uma consistência que varia entre um xarope fino e uma gelatina quase "no ponto".
3. O citosol contém quantidades relativamente baixas de carboidratos e grandes reservas de aminoácidos e lipídeos. Os carboidratos são quebrados para oferecer energia, e os aminoácidos são utilizados para constituir proteínas. Os lipídeos armazenados na célula são utilizados primariamente como fonte energética quando os carboidratos não estão disponíveis.

O citosol das células contém massas de materiais insolúveis conhecidas como **inclusões**, ou *corpos de inclusão*. As inclusões mais comuns são nutrientes armazenados: por exemplo, grânulos de glicogênio no fígado ou nas células da musculatura esquelética, gotículas lipídicas em células de gordura.

Organelas [Figura 2.3]

Organelas são encontradas em todas as células do corpo (Figura 2.3, pág. 29), embora os tipos e a quantidade de organelas variem entre os diversos tipos de células. Cada organela executa funções específicas, essenciais para a estrutura normal da célula, manutenção e/ou metabolismo. As organelas celulares podem ser divididas em duas categorias amplas (Tabela 2.1, pág. 30): (1) **organelas não-membranosas**, sempre em contato com o citosol; e (2) **organelas membranosas**, envolvidas por membranas que isolam seus conteúdos do citosol, da mesma forma que o plasmalema isola o citosol do líquido extracelular.

Organelas não-membranosas

Organelas não-membranosas incluem o *citoesqueleto*, *centríolos*, *cílios*, *flagelos* e *ribossomos*.

O citoesqueleto [Figura 2.9]

A estrutura interna de proteína que confere força e flexibilidade ao citoplasma é o **citoesqueleto**. Ele apresenta quatro principais componentes: *microfilamentos*, *filamentos intermediários*, *filamentos espessos* e *microtúbulos*. Nenhuma destas estruturas pode ser vista ao microscópio de luz.

Microfilamentos [Figura 2.9] Fios delgados compostos primariamente de proteína **actina** são denominados **microfilamentos**. Na maior parte das células, os microfilamentos encontram-se dispersos no citosol e formam uma densa rede sob o plasmalema. A Figura 2.9a,b mostra as camadas superficiais dos microfilamentos em uma célula intestinal.

Os microfilamentos apresentam duas principais funções:

1. Os microfilamentos ancoram o citoesqueleto a proteínas integrais do plasmalema. Esta função estabiliza a posição das proteínas da membrana, oferece resistência mecânica adicional à célula e fixa firmemente o plasmalema ao citoplasma subjacente.
2. Os microfilamentos de actina podem interagir com microfilamentos ou estruturas maiores compostas da proteína **miosina**. Esta interação pode produzir movimentação ativa de uma porção da célula, ou uma modificação na forma de toda a célula.

Filamentos intermediários Os filamentos intermediários são definidos primariamente por suas dimensões; suas composições variam de acordo com o tipo de célula. Os filamentos intermediários (1) oferecem força, (2) estabilizam a posição de organelas e (3) transportam materiais dentro do citoplasma. Por exemplo, filamentos intermediários especializados, denominados **neurofilamentos**, são encontrados em neurônios, onde fornecem sustentação estrutural dentro dos *axônios*, longos processos celulares que podem chegar a 1 m de extensão.

Filamentos espessos [Figura 2.9a] Filamentos relativamente espessos, compostos de subunidades de proteína miosina, que não estão representadas na Figura 2.9, são denominados **filamentos espessos**. Filamentos espessos são abundantes em células musculares, onde interagem com filamentos de actina e produzem poderosas contrações.

Microtúbulos [Figuras 2.9a,c/2.10] Todas as células possuem tubos ocos denominados **microtúbulos**. Estes são constituídos pela proteína **tubulina**. A Figura 2.9a,c e a Figura 2.10 mostram microtúbulos no citoplasma de células representativas. Um microtúbulo se forma mediante a agregação de moléculas de tubulina; esta forma persiste por um tempo e então novamente se desmonta em moléculas individuais de tubulina. A disposição dos microtúbulos é central, próxima ao núcleo da célula, em uma região conhecida como *centrossomo*. Os microtúbulos irradiam-se para fora do centrossomo em direção à periferia da célula.

Os microtúbulos apresentam várias funções:

1. Os microtúbulos constituem os componentes primários do citoesqueleto, proporcionando força e rigidez à célula e ancorando a posição das principais organelas.
2. A montagem e/ou desmontagem dos microtúbulos fornece um mecanismo para modificação de formato da célula, possivelmente auxiliando no movimento celular.
3. Os microtúbulos podem fixar-se a organelas e outros materiais intracelulares, além de movimentá-los dentro da célula.
4. Durante a divisão celular, os microtúbulos formam o *fuso mitótico* (retículo fusal) que distribui os cromossomos duplicados para os pólos opostos da célula em divisão. Este processo será considerado em maiores detalhes em uma seção posterior.
5. Os microtúbulos constituem componentes estruturais de organelas, como *centríolos*, *cílios* e *flagelos*. Apesar dessas organelas estarem associadas ao plasmalema, são classificadas como organelas não-membranosas, uma vez que não possuem seu próprio revestimento de membrana.

O citoesqueleto como um todo incorpora microfilamentos, filamentos intermediários e microtúbulos em uma rede que se estende pelo citoplasma. Os detalhes de sua organização ainda são pouco compreendidos, pois a rede é extremamente delicada, o que dificulta o estudo destas estruturas em um estado intacto.

Centríolos, cílios e flagelos [Figura 2.10 e Tabela 2.3]

O citoesqueleto contém numerosos microtúbulos que funcionam individualmente. Grupos de microtúbulos formam *centríolos*, *cílios* e *flagelos*. Estas estruturas encontram-se resumidas na Tabela 2.3.

Centríolos [Figura 2.10a] Um **centríolo** é uma estrutura cilíndrica, constituída por microtúbulos curtos (Figura 2.10a). Existem nove grupos

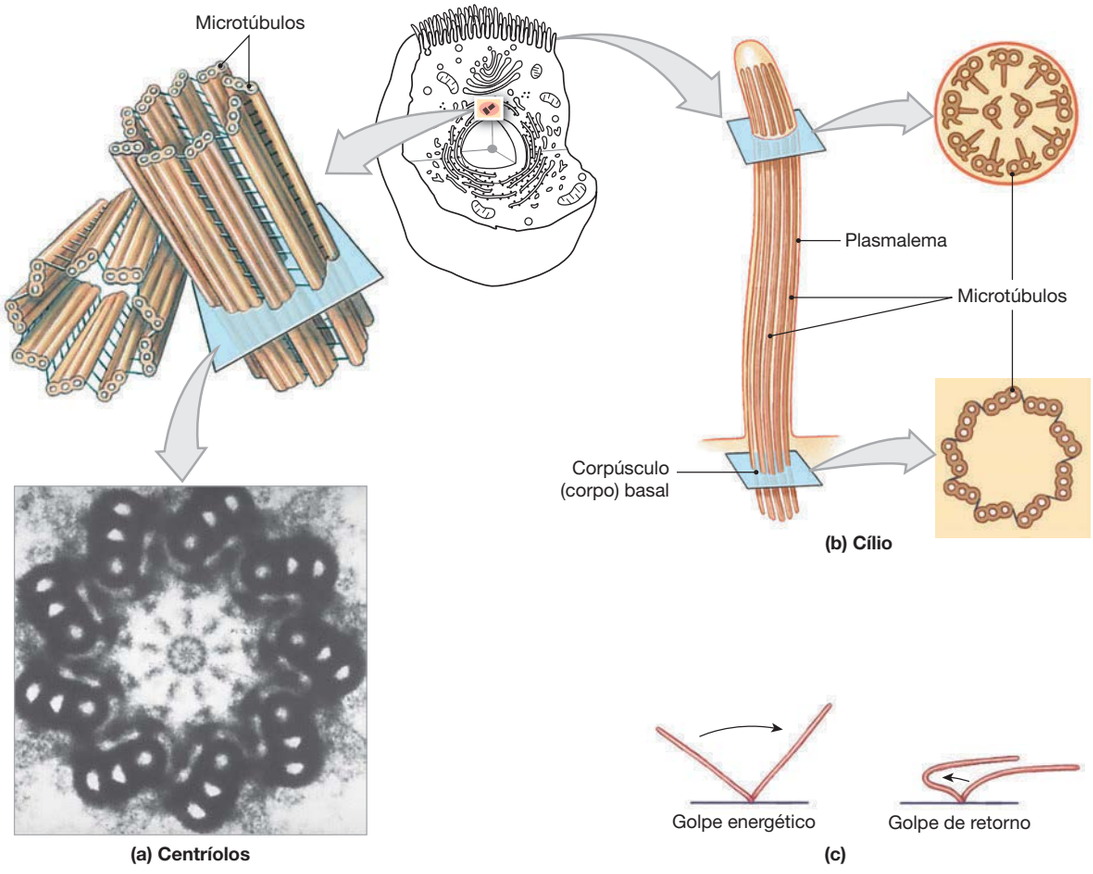


Figura 2.10 Centríolos e cílios.
(a) Um centríolo consiste em nove trios de microtúbulos (disposição 9+0). O centrossomo contém um par de centríolos orientados em ângulo reto um em relação ao outro. **(b)** Um cílio contém nove pares de microtúbulos em torno de um par central (disposição 9+2). **(c)** Um único cílio desloca-se para frente e depois retorna à sua posição original. Durante o golpe energético, o cílio é relativamente rígido, mas, durante o golpe de retorno, ele se curva e se move paralelamente à superfície da célula.

TABELA 2.3 Uma comparação entre centríolos, cílios e flagelos

Estrutura	Organização do microtúbulo	Localização	Função
Centríolo	Nove trios de microtúbulos formam um cilindro curto	No centrossomo, próximo ao núcleo	Organiza os microtúbulos no fuso para movimentar os cromossomos durante a divisão celular
Cílio	Nove pares de microtúbulos longos formam um cilindro em torno de um par central	Na superfície da célula	Propele líquidos ou sólidos ao longo da superfície da célula
Flagelo	Idem ao cílio	Na superfície da célula	Propele células espermáticas (espermatozóides) através do líquido

de microtúbulos, e cada grupo é composto de três microtúbulos. Uma vez que não existem microtúbulos centrais, este arranjo é denominado *disposição 9 + 0*. Esta identificação reflete o número de grupos periféricos de microtúbulos (9) orientados em forma de cilindro, com o número de microtúbulos (0) no centro do cilindro. Contudo, algumas preparações mostram uma estrutura axial que corre paralelamente ao eixo longo do centríolo, com raios que se estendem para fora, em direção aos grupos de microtúbulos. A função deste complexo não é conhecida. Células capazes de se dividir contêm um par de centríolos, dispostos em ângulo reto um em relação ao outro. Os centríolos direcionam o movimento dos cromossomos durante a divisão celular (discutida posteriormente neste capítulo). Células que não se dividem, como eritrócitos maduros e células da musculatura esquelética, não apresentam centríolos. O **centrossomo** é a região do citoplasma que circunda este par de centríolos. Ele direciona a organização dos microtúbulos do citoesqueleto.

Cílios [Figura 2.10b,c] Os **cílios** contêm nove grupos de microtúbulos em dupla, dispostos em torno de um par central (Figura 2.10b). Isto é conhecido como uma *disposição 9 + 2*. Os cílios são fixos em um **corpúsculo** (**corpo**) **basal** compacto, situado imediatamente sob a superfície celular. A estrutura do corpúsculo (corpo) basal é semelhante à do centríolo (9 + 0). A porção exposta do cílio é completamente revestida por plasmalema. Os cílios apresentam um "batimento" rítmico, conforme representado na Figura 2.10c, e seus esforços combinados movimentam líquidos ou secreções ao longo da superfície da célula. Os cílios que revestem o trato respiratório movimentam-se sincronicamente para mover o muco viscoso e as partícu-

las aprisionadas de poeira em suspensão no ar, na direção da faringe e para longe das superfícies delicadas do trato respiratório. Se os cílios são danificados ou imobilizados, pelo tabagismo ou por alterações metabólicas, a ação de limpeza é perdida e os agentes irritativos não mais serão removidos. Como resultado, desenvolvem-se infecções respiratórias crônicas.

Flagelos Os flagelos são semelhantes aos cílios, porém muito mais longos. Um flagelo movimenta uma célula através do líquido circundante em vez de movimentar o líquido sobre a superfície da célula fixa. A célula espermática é a única célula humana que possui um flagelo, utilizado para mover a célula no trato genital feminino. Se os flagelos dos espermatozóides são paralisados ou anormais, o indivíduo será estéril, pois espermatozóides imóveis não são capazes de alcançar e fertilizar um oócito (gameta feminino).

Ribossomos [Figura 2.11]

Ribossomos são estruturas densas e diminutas que não podem ser vistas ao microscópio de luz. À microscopia eletrônica, os ribossomos são grânulos densos, com aproximadamente 25 nm de diâmetro (Figura 2.11a). São observados em todas as células, mas seu número varia dependendo do tipo de célula e suas atividades. Cada ribossomo consiste em cerca de 60% de RNA e 40% de proteína. Pelo menos 80 proteínas ribossômicas foram identificadas. Estas organelas são fábricas intracelulares que produzem proteínas usando informações provenientes do DNA no núcleo. Um ribossomo consiste em duas subunidades que se encaixam quando tem início a síntese protéica. Ao término da síntese protéica, as subunidades se separam.

Existem dois principais tipos de ribossomos: ribossomos livres e ribossomos fixos (Figura 2.11a). Os **ribossomos livres** encontram-se dispersos no citoplasma; as proteínas produzidas por eles entram no citosol. Os **ribossomos fixos** são anexados ao *retículo endoplasmático*, uma organela membranosa. Proteínas produzidas por ribossomos fixos entram na *luz*, ou cavidade interna, do retículo endoplasmático, onde são modificadas e encapsuladas para ser exportadas. Estes processos encontram-se detalhados posteriormente neste capítulo.

REVISÃO DOS CONCEITOS

1. De que forma a falta de um flagelo afeta uma célula espermática?
2. Identifique as duas principais subdivisões do citoplasma e a função de cada uma delas.

Veja a seção de Respostas na parte final do livro.

Organelas membranosas

Cada organela membranosa é completamente envolta por uma membrana fosfolipídica bilaminar, de estrutura semelhante à do plasmalema. A membrana isola o conteúdo de uma organela membranosa do citosol circundante. O isolamento permite que a organela produza e armazene secreções, enzimas ou toxinas, que poderiam causar efeitos adversos ao citoplasma em geral. A Tabela 2.1 na página 30 inclui seis tipos de organelas membranosas: *mitocôndrias*, *núcleo*, *retículo endoplasmático*, *aparelho de Golgi*, *lisossomos* e *peroxissomos*.

Mitocôndrias [Figura 2.12]

Mitocôndrias (*mitos*, linha + *chondrion*, pequenos grânulos) são organelas que apresentam uma membrana dupla incomum (Figura 2.12). Uma membrana externa reveste toda a organela, e a segunda membrana, interna, contém numerosas pregas denominadas **cristas**. As cristas aumentam a superfície exposta ao conteúdo líquido, ou **matriz**, da mitocôndria. A matriz contém enzimas metabólicas que participam das reações que fornecem energia para as funções celulares.

Enzimas fixas às cristas produzem a maior parte do ATP gerado pela mitocôndria. A atividade mitocondrial produz cerca de 95% da energia necessária para manter a célula viva. As mitocôndrias produzem ATP por meio da quebra de moléculas orgânicas em uma série de reações que também consomem oxigênio (O_2) e geram dióxido de carbono (CO_2).

As mitocôndrias apresentam-se em diversas formas, de longas e delgadas a curtas e largas. As mitocôndrias controlam sua própria manutenção, crescimento e reprodução. O número de mitocôndrias em uma célula particular varia dependendo da demanda energética da célula. Eritrócitos (hemácias) não apresentam mitocôndrias – pois obtêm energia de outras formas –, mas células do fígado e dos músculos esqueléticos tipicamente apresentam cerca de 300 mitocôndrias. Células musculares apresentam elevadas taxas de consumo energético e, ao longo do tempo, as mitocôndrias respondem ao aumento de demanda energética, reproduzindo-se. O número aumentado de mitocôndrias pode oferecer energia mais rapidamente e em maiores quantidades, melhorando o desempenho muscular.

O núcleo [Figuras 2.13/2.14]

O **núcleo** é o centro de controle das operações celulares. Um único núcleo armazena toda a informação necessária para controlar a síntese de aproximadamente 100.000 proteínas diferentes no corpo humano. O núcleo determina as características estruturais e funcionais da célula, controlando quais proteínas são sintetizadas e em que quantidade. A maior parte das

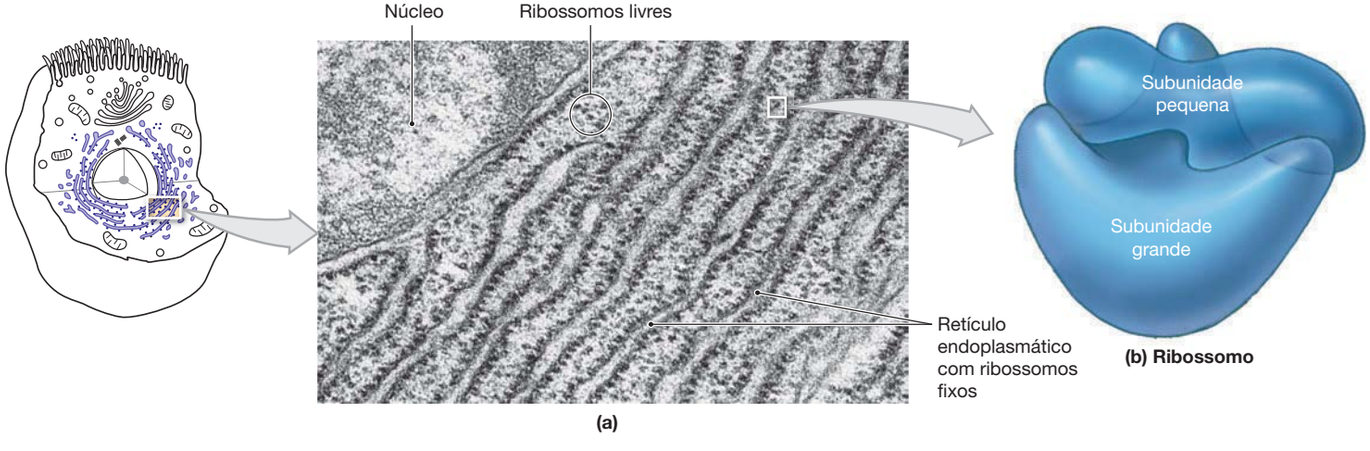


Figura 2.11 Ribossomos.
Estas pequenas estruturas densas estão envolvidas na síntese protéica. **(a)** Ribossomos livres e fixos podem ser vistos no citoplasma desta célula. (MET x 73.600) **(b)** Um único ribossomo, consistindo em uma subunidade grande e uma pequena.

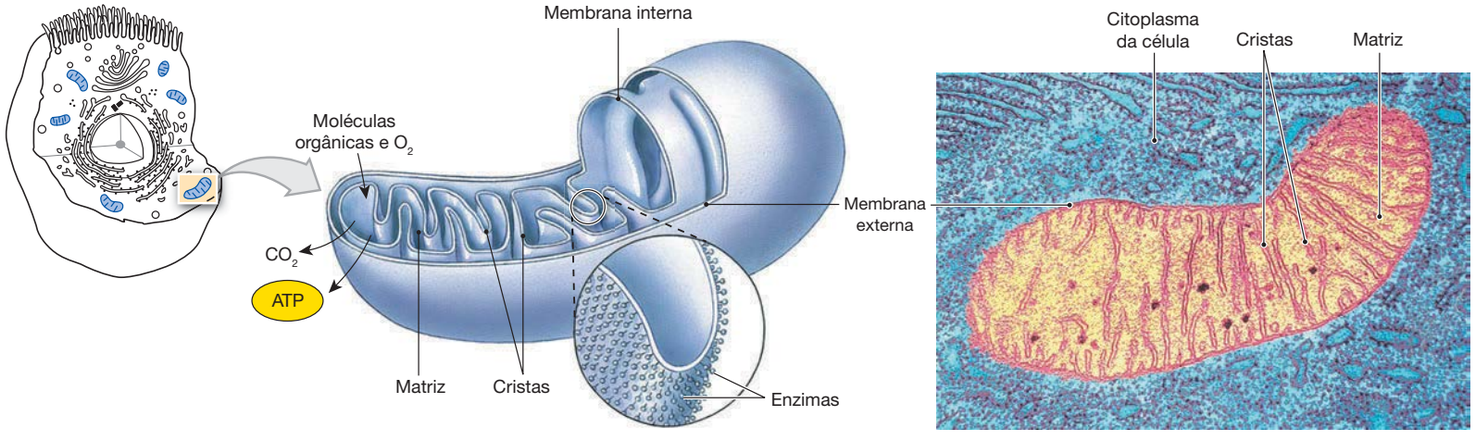


Figura 2.12 Mitocôndrias.
A organização tridimensional de uma mitocôndria, e uma MET colorida mostrando uma mitocôndria típica seccionada. (MET x 61.776)

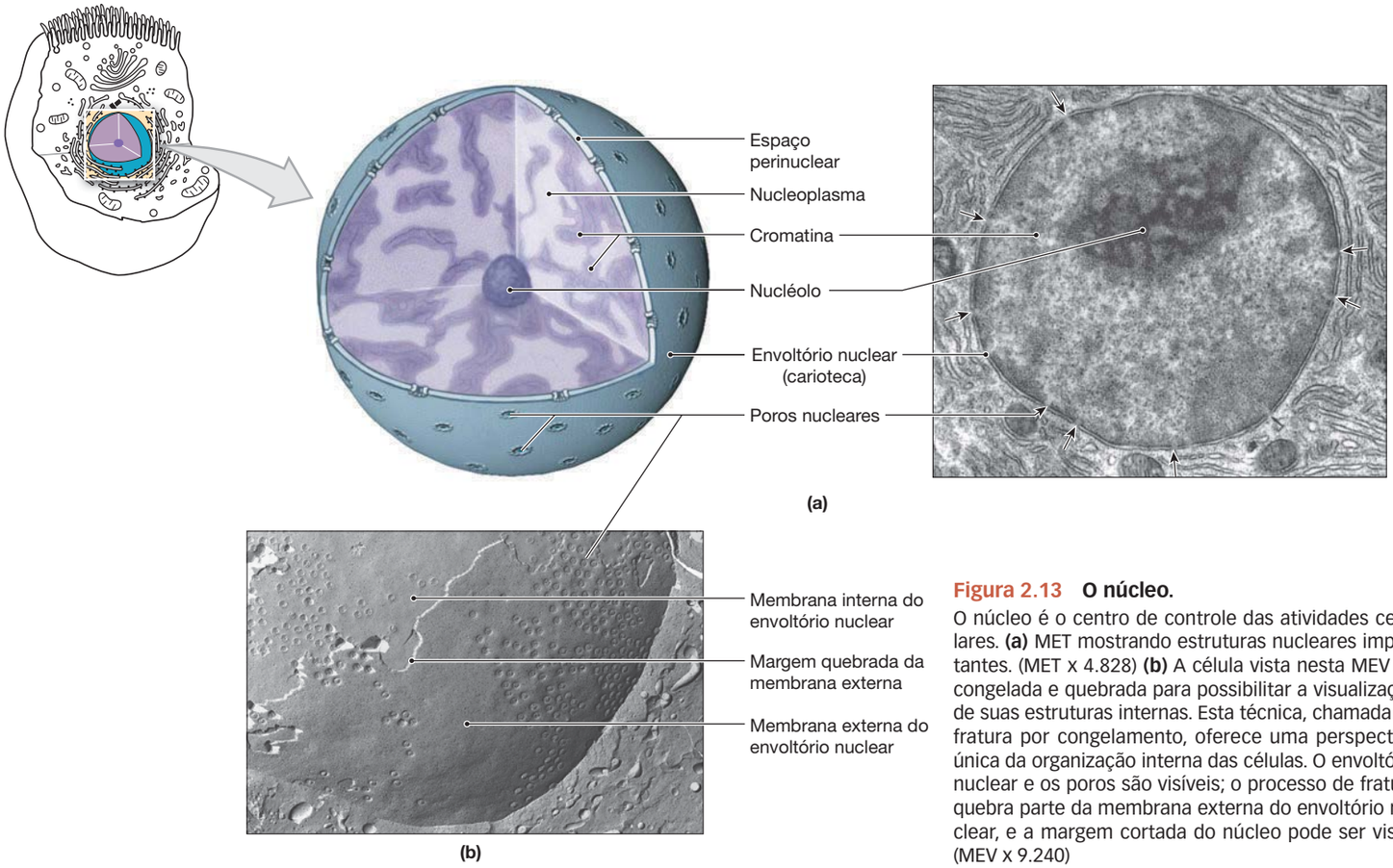


Figura 2.13 O núcleo.
O núcleo é o centro de controle das atividades celulares. **(a)** MET mostrando estruturas nucleares importantes. (MET x 4.828) **(b)** A célula vista nesta MEV foi congelada e quebrada para possibilitar a visualização de suas estruturas internas. Esta técnica, chamada de fratura por congelamento, oferece uma perspectiva única da organização interna das células. O envoltório nuclear e os poros são visíveis; o processo de fratura quebra parte da membrana externa do envoltório nuclear, e a margem cortada do núcleo pode ser vista. (MEV x 9.240)

células contém um único núcleo, mas há exceções. Por exemplo, células de músculos estriados esqueléticos são denominadas *multinucleadas* (*multi*, muitos), pois apresentam vários núcleos, enquanto eritrócitos adultos são denominados *anucleados* (*a*, sem) uma vez que não apresentam núcleo. Uma célula sem núcleo poderia ser comparada com um carro sem motorista. Entretanto, um carro pode permanecer parado por anos, enquanto uma célula sem um núcleo sobreviverá apenas por três a quatro meses.

A Figura 2.13 detalha a estrutura de um núcleo típico. Um **envoltório nuclear** (carioteca) reveste o núcleo e o isola do citosol. O envoltório nuclear é uma membrana dupla encapsulando um **espaço perinuclear** (*peri*, em torno) estreito. Em vários locais, o envoltório nuclear é conectado ao retículo endoplasmático rugoso (granular), como mostra a Figura 2.3, pág. 29.

O núcleo dirige processos que ocorrem no citosol e precisa receber informações sobre as condições e atividades no citosol. A comunicação química entre o núcleo e o citosol ocorre através dos **poros nucleares**, um complexo de proteínas que regulam o trânsito de macromoléculas para o interior e para o exterior do núcleo. Esses poros, que somam cerca de 10% da superfície do núcleo, permitem o trânsito de água, íons e pequenas moléculas, mas regulam a passagem de proteínas grandes, RNA e DNA.

O termo **nucleoplasma** refere-se ao líquido contido no núcleo. O nucleoplasma contém íons, enzimas, nucleotídeos de RNA e DNA, proteínas, pequenas quantidades de RNA, e DNA. Os filamentos de DNA formam estruturas complexas conhecidas como *cromossomos* (*croma*, cor). O nucleoplasma também contém uma rede de filamentos delgados, a **matriz nuclear**, que fornece sustentação estrutural e pode estar envolvida na regulação de atividade genética. Cada **cromossomo** contém filamentos de DNA ligados a proteínas especiais denominadas **histonas**. O núcleo de cada uma de suas células contém 23 pares de cromossomos; um membro de cada par derivou de sua mãe e o outro de seu pai. A estrutura de um cromossomo típico está representada na Figura 2.14.

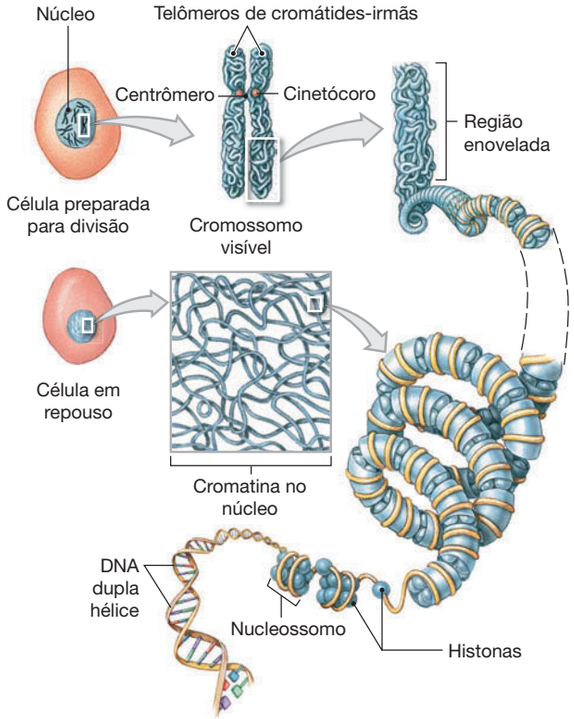


Figura 2.14 A estrutura do cromossomo.
Filamentos de DNA são enrolados em torno de histonas para formar nucleossomos. Nucleossomos formam molas que podem ser mais enroladas ou mais frouxas. Em células que não estão em divisão, o DNA é mais frouxo, formando uma rede emaranhada conhecida como cromatina. Quando o enrolamento torna-se mais forte, como ocorre na preparação para a divisão celular, o DNA torna-se visível como estruturas diferenciadas denominadas cromossomos.

Em intervalos, os filamentos de DNA "enrolam-se" em torno das histonas, formando um complexo conhecido como **nucleossomo.** A cadeia toda de nucleossomos pode enrolar-se como uma mola em torno de outras histonas. O grau de enrolamento determina se o cromossomo é longo e delgado ou curto e largo. Cromossomos de uma célula em divisão apresentam-se muito enrolados, e podem portanto ser vistos claramente como estruturas individuais à microscopia eletrônica ou de luz. Em células que não estão se dividindo, os cromossomos são pouco enrolados, formando um emaranhado de filamentos delgados conhecidos como **cromatina**. Cada cromossomo pode ter algumas regiões enroladas, e apenas as áreas enroladas coram-se intensamente. Como resultado, o núcleo tem uma aparência de blocos granulados.

Os cromossomos também exercem controle direto na síntese de RNA. A maior parte dos núcleos contém de uma a quatro áreas de coloração escura, denominadas **nucléolos**. Nucléolos são organelas nucleares que sintetizam os componentes dos ribossomos. Um nucléolo contém histonas e enzimas, assim como RNA, e se forma em torno de regiões cromossômicas contendo as instruções genéticas para produção de proteínas ribossômicas e RNA. Os nucléolos são mais proeminentes em células que produzem grandes quantidades de proteínas, como células do fígado e células musculares, uma vez que essas células precisam de um grande número de ribossomos.

Retículo endoplasmático [Figura 2.15]

O **retículo endoplasmático**, ou **RE**, é uma rede de membranas intracelulares que formam tubos ocos, lâminas planas e câmaras arredondadas (Figura 2.15). As câmaras são denominadas **cisternas** (*cisterna,* reservatório de água).

O RE tem quatro principais funções:

1. *Síntese:* A membrana do retículo endoplasmático contém enzimas que fabricam carboidratos, esteróides e lipídeos; áreas com ribosso-

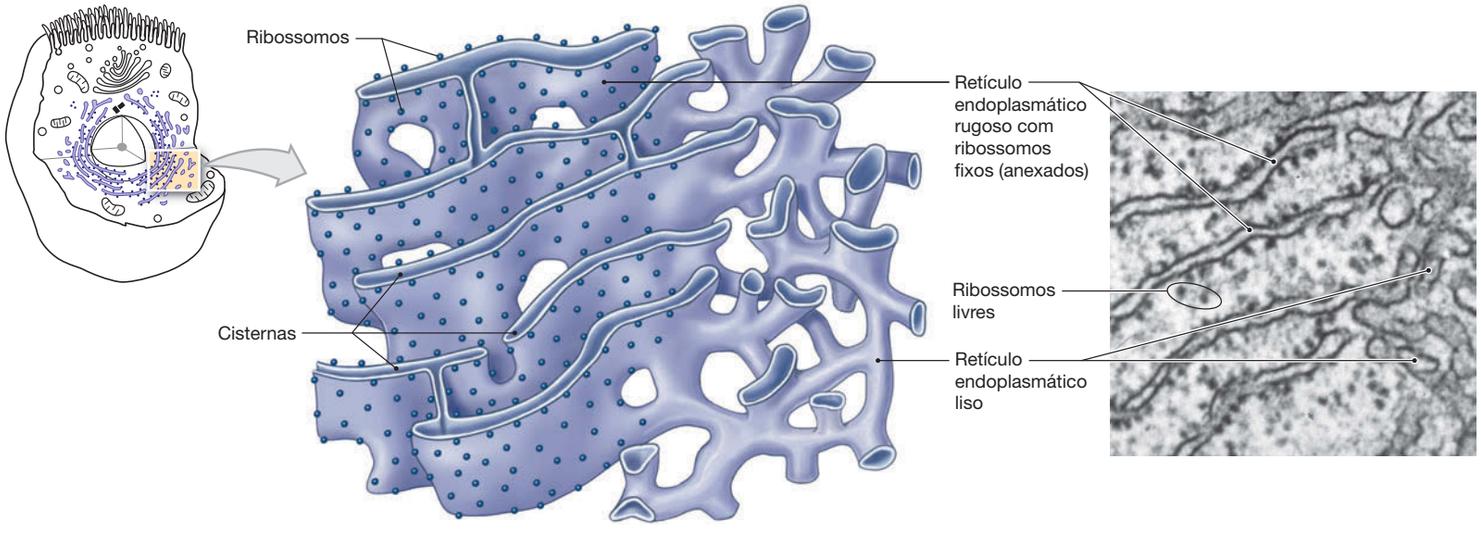


Figura 2.15 O retículo endoplasmático.
Esta organela é uma rede de membranas intracelulares. Nesta figura, um diagrama esboçado mostra as relações tridimensionais entre o retículo endoplasmático liso (agranular) e o rugoso (granular).

mos fixos sintetizam proteínas. Estes produtos são armazenados nas cisternas do RE.

2. *Armazenamento:* O RE pode manter moléculas sintetizadas ou substâncias absorvidas isoladas do citosol, sem afetar outras operações celulares.
3. *Transporte:* Substâncias podem migrar de um local a outro dentro da célula, no interior do retículo endoplasmático.
4. *Purificação:* Toxinas celulares podem ser absorvidas pelo RE e neutralizadas por enzimas encontradas em sua membrana.

O retículo endoplasmático funciona como uma combinação de características próprias de uma central de trabalho, uma área de armazenamento e um depósito para futuras entregas. É o local onde muitas proteínas recém-sintetizadas passam por modificação química e onde são encapsuladas para serem enviadas a seu próximo destino, o *aparelho de Golgi*. Há dois tipos distintos de retículo endoplasmático, **retículo endoplasmático rugoso** (granular) **(RER)** e **retículo endoplasmático liso** (agranular) **(REL)**.

A superfície externa do retículo endoplasmático rugoso contém ribossomos fixos. Os ribossomos sintetizam proteínas utilizando informações fornecidas por um filamento de RNA. Conforme as cadeias de polipeptídeos crescem, adentram as cisternas do retículo endoplasmático, onde podem passar por outras modificações. A maior parte das proteínas e glicoproteínas produzidas pelo RER é inclusa em pequenas vesículas formadas pela fusão das extremidades ou superfícies do RE. Essas **vesículas de transporte** conduzem as proteínas ao aparelho de Golgi.

Não há ribossomos associados ao retículo endoplasmático liso. O REL apresenta uma variedade de funções voltadas para a síntese de lipídeos, esteróides e carboidratos; o armazenamento de íons cálcio; e a remoção e inativação de toxinas.

A quantidade de retículo endoplasmático e a proporção de RER em relação à de REL variam dependendo do tipo de célula e suas atividades. Por exemplo, células do pâncreas que fabricam enzimas digestivas contêm um extenso RER e um REL relativamente pequeno. A situação é inversa em células que sintetizam hormônios esteróides nos órgãos genitais.

O aparelho de Golgi [Figura 2.16]

O **aparelho de Golgi**, ou *complexo de Golgi*, consiste em discos planos de membranas denominados *cisternas*. Um aparelho de Golgi típico, representado na Figura 2.16, consiste em cinco a seis cisternas. Células que são ativamente secretoras apresentam cisternas maiores e mais numerosas do que células em repouso. As células mais ativamente secretoras contêm vários conjuntos de cisternas, e cada conjunto assemelha-se a uma pilha de pratos. A maior parte dessas pilhas encontra-se freqüentemente próxima ao núcleo da célula.

As principais funções do aparelho de Golgi são:

1. Síntese e encapsulamento de secreções, como mucinas ou enzimas.
2. Encapsulamento de enzimas especiais para utilização no citosol.
3. Renovação e modificação do plasmalema.

As cisternas de Golgi comunicam-se com o RE e com a superfície celular. Esta comunicação envolve a formação, movimentação e fusão de vesículas.

Vesícula de transporte, de transferência e de secreção [Figura 2.17] A função desempenhada pelo aparelho de Golgi de encapsular secreções está ilustrada na Figura 2.17a. A síntese de proteína e glicoproteína ocorre no RER, e as vesículas de transporte (cápsulas) então conduzem estes

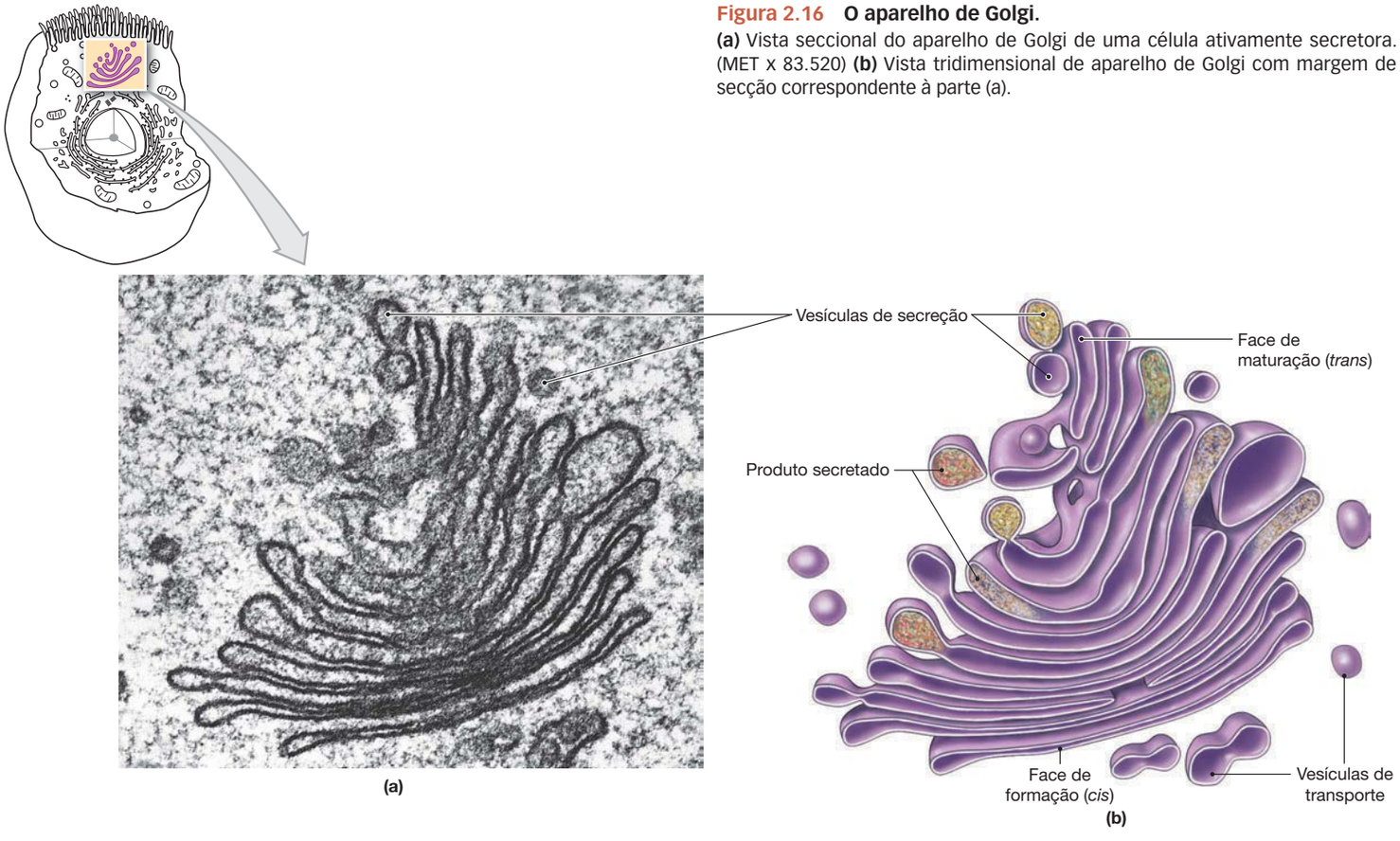


Figura 2.16 O aparelho de Golgi.
(a) Vista seccional do aparelho de Golgi de uma célula ativamente secretora. (MET x 83.520) **(b)** Vista tridimensional de aparelho de Golgi com margem de secção correspondente à parte (a).

produtos ao aparelho de Golgi. As vesículas geralmente chegam na face convexa das cisternas, conhecidas como *face de formação* (ou *face cis*). As *vesículas de transporte* então fundem-se à membrana de Golgi, esvaziando seus conteúdos nas cisternas, onde enzimas modificam as proteínas e glicoproteínas recém-liberadas.

Há movimentação de material entre as cisternas por meio de pequenas **vesículas de transferência**. O produto chega então ao seu destino na *face de maturação* (ou *face trans*). Na face de maturação, formam-se vesículas que conduzem materiais para fora do complexo de Golgi. Vesículas que contêm secreções que serão liberadas para fora da célula são chamadas de **vesículas de secreção.** Secreção ocorre quando a membrana de uma vesícula de secreção se funde ao plasmalema. Este processo de liberação é chamado de **exocitose** (Figura 2.17b).

Membrana renovada (*turnover*) Uma vez que o aparelho de Golgi continuamente adiciona nova membrana à superfície celular, ele tem a capacidade de modificar as propriedades do plasmalema ao longo do tempo. Tais modificações podem alterar profundamente a sensibilidade e as funções da célula. Em uma célula ativamente secretora, a membrana de Golgi pode ser totalmente renovada (*turnover*) a cada 40 minutos. A membrana perdida pelo aparelho de Golgi é adicionada à superfície celular, e esta adição é equilibrada pela formação de vesículas na superfície da membrana. Como resultado, uma área equivalente à superfície total da membrana pode ser trocada a cada hora.

Lisossomos [Figura 2.18]

Muitas das vesículas produzidas no aparelho de Golgi nunca deixam o citoplasma. As mais importantes dessas vesículas são os lisossomos. **Lisossomos** (*liso*, dissolução + *soma*, corpo) são vesículas repletas de enzimas digestivas formadas pelo retículo endoplasmático rugoso e inclusas em lisossomos pelo aparelho de Golgi. Consulte a Figura 2.18 à medida que descrevemos os tipos de lisossomos e as funções lisossômicas. *Lisossomos primários* contêm enzimas inativas. A ativação ocorre quando o lisossomo funde-se às membranas de organelas danificadas, como mitocôndrias ou fragmentos de retículo endoplasmático. Esta fusão cria um *lisossomo secundário*, que contém enzimas ativas. Essas enzimas então quebram o conteúdo do lisossomo. Nutrientes entram novamente no citosol e os resíduos remanescentes são eliminados por exocitose.

Os lisossomos também agem na defesa contra doenças. Por meio do processo de endocitose, as células podem remover bactérias, assim como líquidos e resíduos orgânicos, do meio circundante e isolam estes materiais dentro de vesículas. Os lisossomos podem fundir-se com vesículas criadas desta forma, e enzimas digestivas dentro dos lisossomos secundários, então, quebram os conteúdos e liberam substâncias úteis, como açúcares ou aminoácidos. Dessa forma, a célula não apenas se protege de organismos patogênicos, mas também obtém nutrientes importantes.

Os lisossomos também desempenham funções essenciais de limpeza e reciclagem dentro da célula. Por exemplo, quando células musculares estão inativas, os lisossomos gradualmente quebram suas proteínas contráteis; se as células tornam-se novamente ativas, este processo de destruição cessa. Este mecanismo regulatório falha em uma célula danificada ou morta. Os lisossomos então desintegram-se, liberando enzimas ativas dentro do citosol. Essas enzimas rapidamente destroem as proteínas e organelas da célula, em um processo chamado de **autólise** (*auto*, a si próprio). Uma vez que o colapso das membranas lisossômicas pode destruir a célula, os lisossomos têm sido chamados de "cápsulas de suicídio". Ainda não sabemos ao certo como controlar as atividades lisossômicas nem por que as enzimas inclusas não digerem a membrana lisossômica, a menos que a célula tenha sido danificada. Problemas com a produção de enzimas lisossômicas causam mais de 30 doenças graves que afetam crianças. Nessas doenças, denominadas *doenças de armazenamento lisossômico,* a ausência de uma enzima lisossômica específica resulta no acúmulo de resíduos que normalmente seriam removidos e reciclados pelos lisossomos. Indivíduos acometidos podem vir a falecer quando células vitais, como as do coração, não conseguem mais manter suas funções.

Peroxissomos

Os **peroxissomos** são menores do que os lisossomos e transportam um grupo diferente de enzimas. Enzimas peroxissômicas são formadas por ribossomos livres dentro do citoplasma. Essas enzimas são então inseridas

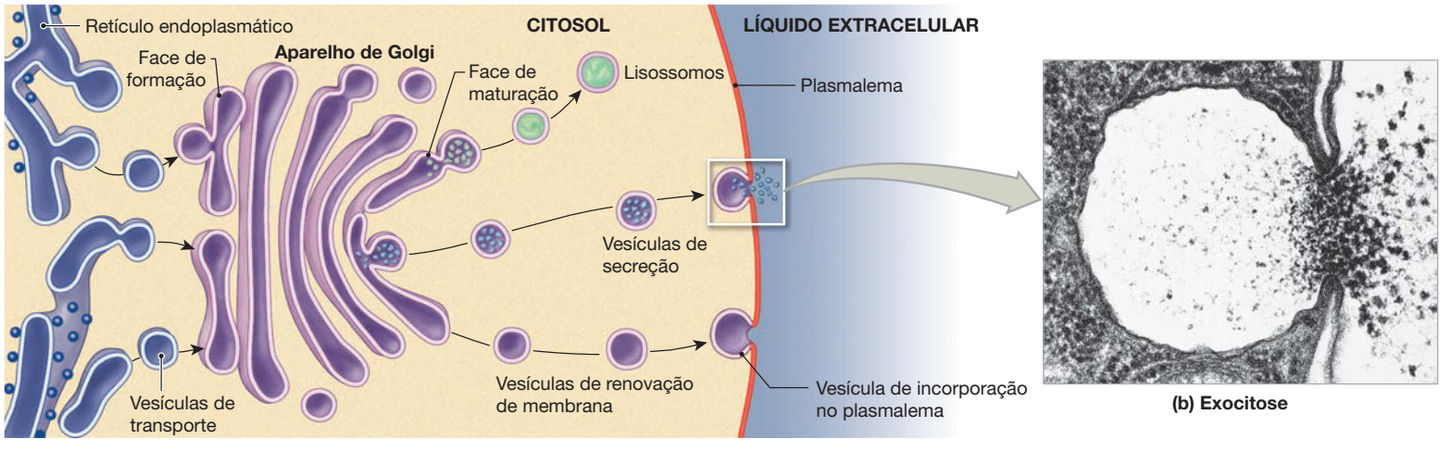
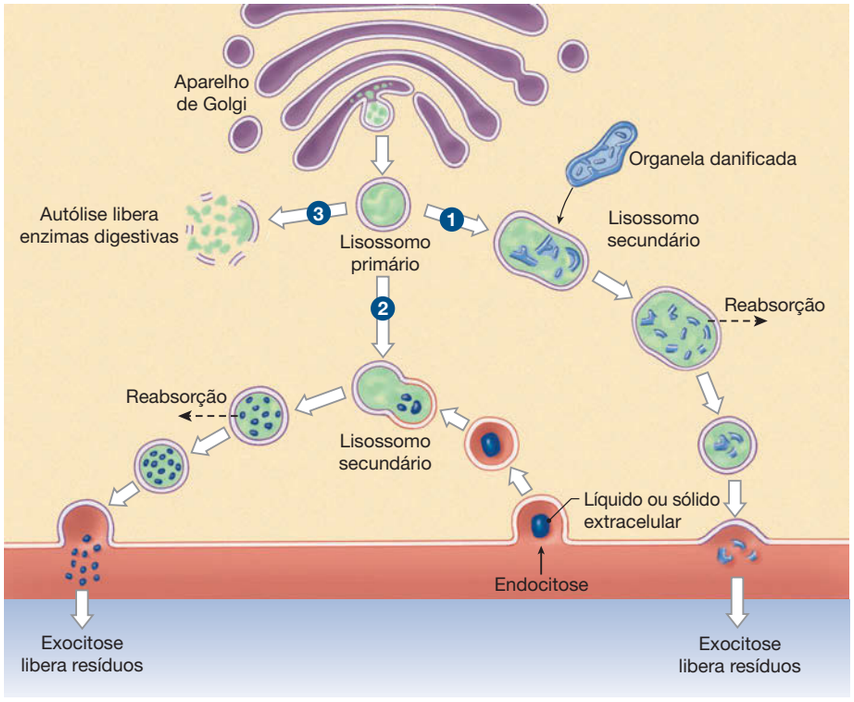


Figura 2.17 A função do aparelho de Golgi.
(a) Este diagrama mostra a ligação funcional entre o RE e o aparelho de Golgi. A estrutura do aparelho de Golgi foi simplificada para esclarecer a relação entre as membranas. Vesículas de transporte conduzem o produto secretado do retículo endoplasmático para o aparelho de Golgi, e vesículas de transferência movimentam membranas e materiais entre as cisternas de Golgi. Na face de maturação, três categorias funcionais de vesículas desenvolvem-se. Vesículas de secreção transportam a secreção do aparelho de Golgi para a superfície celular, onde liberam seu conteúdo no líquido extracelular por exocitose. Outras vesículas adicionam área superficial e proteínas integrais ao plasmalema. Os lisossomos, que permanecem no citoplasma, são vesículas repletas de enzimas. **(b)** Exocitose na superfície de uma célula.



A ativação dos lisossomos ocorre quando:

1. Um lisossomo primário funde-se com a membrana de outra organela, como uma mitocôndria
2. Um lisossomo primário funde-se com um endossomo contendo materiais líquidos ou sólidos provenientes do exterior da célula
3. Quando a membrana lisossômica se quebra (autólise), seguindo-se lesão ou morte da célula

Figura 2.18 Funções dos lisossomos.
Lisossomos primários, formados no aparelho de Golgi, contêm enzimas inativas. A ativação pode ocorrer sob três condições básicas: (1) quando o lisossomo primário funde-se com a membrana de outra organela, como uma mitocôndria; (2) quando o lisossomo primário funde-se com uma vesícula endocitótica contendo líquido ou materiais sólidos advindos do exterior da célula; ou (3) na autólise, quando a membrana lisossômica se rompe seguindo-se lesão ou morte celular.

nas membranas de peroxissomos preexistentes. Portanto, novos peroxissomos são o resultado da reciclagem celular de peroxissomos mais velhos, preexistentes, que não mais contêm enzimas ativas.

Os peroxissomos absorvem e quebram ácidos graxos e outros compostos orgânicos. A atividade enzimática dentro de um peroxissomo pode produzir toxinas como o peróxido de hidrogênio, como um subproduto; outras enzimas então convertem o peróxido de hidrogênio em água. Os perossixomos são mais abundantes em células do fígado, que removem e neutralizam toxinas absorvidas no trato digestório.

Fluxo de membrana

Com exceção da mitocôndria, todas as organelas membranosas da célula ou são interconectadas, ou comunicam-se por meio da movimentação de vesículas. O RER e o REL são contínuos e conectados ao envoltório nuclear. Vesículas de transporte contectam o RE com o aparelho de Golgi e vesículas de secreção ligam o aparelho de Golgi ao plasmalema. Finalmente, as vesículas que se formam na superfície exposta da célula removem e reciclam segmentos do plasmalema. Este processo de movimento e troca contínuos é chamado de **fluxo de membrana**.

O fluxo de membrana é outro exemplo da natureza dinâmica das células. Ele representa para as células um mecanismo para modificação de características dos seus plasmalemas – lipídeos, receptores, canais, âncoras e enzimas – conforme elas crescem, modificam-se ou respondem a estímulos ambientais específicos.

REVISÃO DOS CONCEITOS

1. O exame microscópico de uma célula revela que ela contém muitas mitocôndrias. Qual é a implicação desta observação no que se refere às demandas energéticas da célula?
2. As células nos ovários e testículos contêm grandes quantidades de retículo endoplasmático liso (REL). Por quê?
3. O que ocorre se os lisossomos se desintegram em uma célula danificada?

Veja a seção de Respostas na parte final do livro.

Conexões intercelulares [Figura 2.19]

Muitas células formam conexões permanentes ou temporárias com outras células ou materiais extracelulares (Figura 2.19). Conexões intercelulares podem envolver grandes áreas de plasmalemas opostos ou podem estar concentradas em locais especializados de conexão. Grandes áreas de plasmalemas opostos podem estar interconectadas por proteínas transmembrana, denominadas **moléculas de adesão celular (MACs)**, que se ligam umas às outras e a outros materiais extracelulares. Por exemplo, MACs na base fixa de um epitélio ajudam a conectar a superfície basal (onde o epitélio está unido aos tecidos subjacentes) à lâmina basal subjacente. As membranas das células adjacentes podem também ser mantidas unidas por um **cimento intercelular**, uma fina camada de proteoglicanos. Esses proteoglicanos contêm derivados polissacarídeos conhecidos como *glicosaminoglicanos*, mais notadamente o **hialuronano** (*ácido hialurônico*).

Existem três principais tipos de **junções celulares**: (1) *junções oclusicas* (“*tight*”), (2) *junções comunicantes* (“*gap*”) e (3) *junções-âncora.*

- Em uma **junção oclusiva**, as porções lipídicas dos dois plasmalemas são fortemente ligadas por proteínas de membrana que se encaixam (Figura 2.19b). Em uma junção oclusiva, os plasmalemas apicais das células adjacentes apresentam contato estreito uns com os outros, selando qualquer espaço intercelular e evitando a passagem de material para esse espaço. Esta barreira de difusão evita

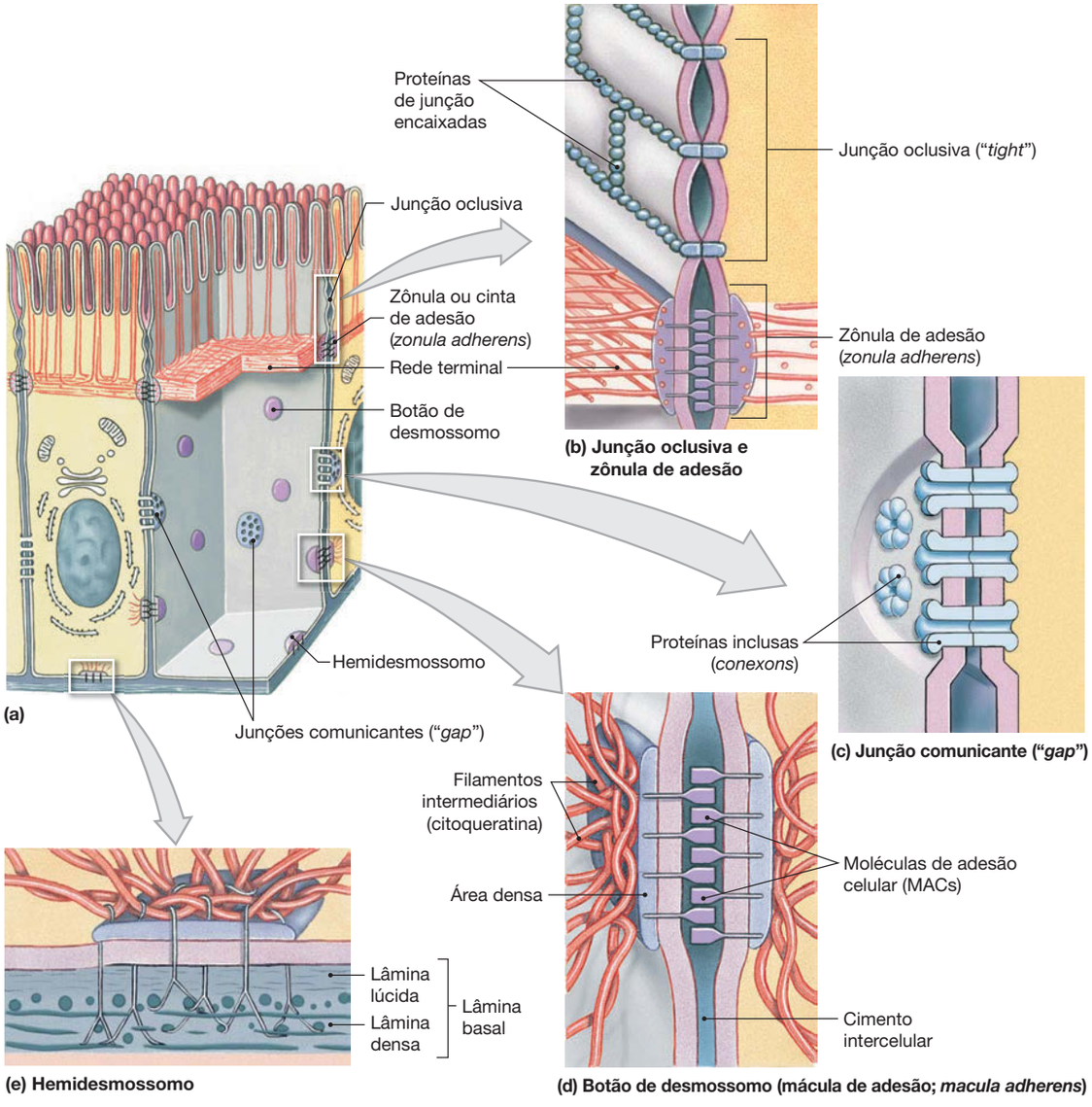


Figura 2.19 Junções celulares.
(a) Visão diagramática de uma célula epitelial mostrando os principais tipos de junções intercelulares. **(b)** Uma junção oclusiva é formada pela fusão de camadas externas de dois plasmalemas. Junções oclusivas evitam a difusão de líquidos e solutos entre as células. **(c)** Junções comunicantes permitem a difusão livre de íons e pequenas moléculas entre duas células. **(d)** Junções-âncora anexam uma célula a outra. O desmossomo (mácula de adesão) apresenta uma rede mais organizada de filamentos intermediários. A zônula (cinta) de adesão é formada por uma junção-âncora que circunda a célula. Este complexo é preso aos microfilamentos da rede terminal. **(e)** Hemidesmossomos fixam uma célula epitelial a estruturas extracelulares, como as fibras de proteína na lâmina basal.

a passagem de material de um lado de uma célula epitelial para o outro através desse espaço intercelular, exigindo assim que a célula utilize algum processo ativo (demanda energética) para transferir material de uma célula a outra.

- Nas **junções comunicantes** (*junções "gap" ou nexus*), duas células são mantidas juntas por proteínas inclusas de membrana denominadas *conexons* (**Figura 2.19c**). Uma vez que estas são proteínas de canal, o resultado é uma via estreita que permite a passagem de íons, pequenos metabólitos e moléculas reguladoras de célula para célula. Junções comunicantes são comuns entre as células epiteliais, onde auxiliam na coordenação de funções como o movimento ciliar. Essas junções também são abundantes no músculo cardíaco e no músculo liso, onde são essenciais para a coordenação da contração muscular.

- As **junções-âncora** oferecem união mecânica entre duas células adjacentes em suas superfícies lateral ou basal (**Figura 2.19d**). Essas junções mecânicas são garantidas por MACs e proteoglicanos que ligam membranas opostas e formam uma junção com o citoesqueleto dentro de células adjacentes. As junções-âncora são muito fortes e podem resistir a estiramento e torção. Em uma junção-âncora, cada célula contém um complexo protéico em camadas conhecido como *área densa* no interior do plasmalema.

Filamentos do citoesqueleto compostos pela proteína *citoqueratina* estão ligados a essa área densa. Dois tipos de junção-âncora foram identificados na superfície lateral da célula: zônula ou cinta de adesão (*zonula adherens)* e desmossomo ou mácula de adesão (*desmos*, ligamento, ligação + *soma*, corpo) *(macula adherens*). A *zônula de adesão* é uma junção-âncora semelhante a uma junção laminar que serve para estabilizar células não-epiteliais, enquanto a *mácula de adesão* oferece pequenas junções-âncora pontuais localizadas que estabilizam células epiteliais adjacentes (**Figura 2.19d**). Estas conexões são mais abundantes entre células das camadas superficiais da pele, onde a *zônula de adesão* cria ligações tão firmes que células mortas da pele desprendem-se mais em lâminas espessas do que individualmente. Duas formas adicionais de junção-âncora foram encontradas onde o tecido epitelial repousa sobre o tecido conectivo da lâmina basal. *Adesões focais* (também denominadas contatos focais) são responsáveis por conectar os microfilamentos intracelulares às fibras protéicas da lâmina basal. Estes tipos de junção-âncora são encontrados no tecido epitelial que passa por alterações dinâmicas como a migração epitelial de células durante o processo de cicatrização. *Hemidesmossomos* (**Figura 2.19e**) são encontrados em tecido epitelial que está sujeito a significativa abrasão e corte, demandando forte ligação à lâmina basal subjacente. Os hemidesmossomos são encontrados em tecidos como córnea, pele, túnicas mucosas da vagina, da cavidade oral e do esôfago.

O ciclo de vida da célula [Figura 2.20]

Da fertilização até a maturidade física, a complexidade do ser humano aumenta de uma simples célula até aproximadamente 75 trilhões de células. Este espantoso aumento numérico ocorre por meio de um tipo de reprodução celular, denominado **divisão celular**. A divisão de uma única célula produz um par de *células-filhas*, cada qual com metade do tamanho da célula original. Assim, duas células novas substituem uma célula original.

Mesmo quando o desenvolvimento se completou, a divisão celular continua sendo essencial para a sobrevivência. Embora as células sejam altamente adaptáveis, elas podem ser danificadas por desgaste e traumatismo, intoxicação química, alterações de temperatura e outros fatores ambientais. As células também estão sujeitas ao envelhecimento. O tempo de vida de uma célula varia de horas a décadas, dependendo do tipo de célula e do estresse ambiental envolvido. O tempo de vida de uma célula típica não é tão longo quanto o tempo de vida de uma pessoa, de modo que a população celular precisa ser mantida ao longo do tempo por meio da divisão celular.

O passo mais importante da divisão celular é a duplicação cuidadosa do material genético da célula, um processo denominado *replicação do DNA*, e a distribuição de uma cópia da informação genética para cada uma das células-filhas. Este processo de distribuição é denominado **mitose**. A mitose ocorre durante a divisão das células somáticas (*soma*, corpo). As células somáticas incluem todas as células do corpo, com exceção das células germinativas (reprodutoras), que dão origem aos espermatozóides e aos oócitos. Espermatozóides e oócitos são chamados de *gametas*; são células especializadas que contêm metade do número de cromossomos presentes nas células somáticas. A produção dos gametas envolve um processo diferente, *meiose*, que será descrito no Capítulo 28. Uma visão geral do ciclo de vida de uma célula somática típica é apresentada na **Figura 2.20**.

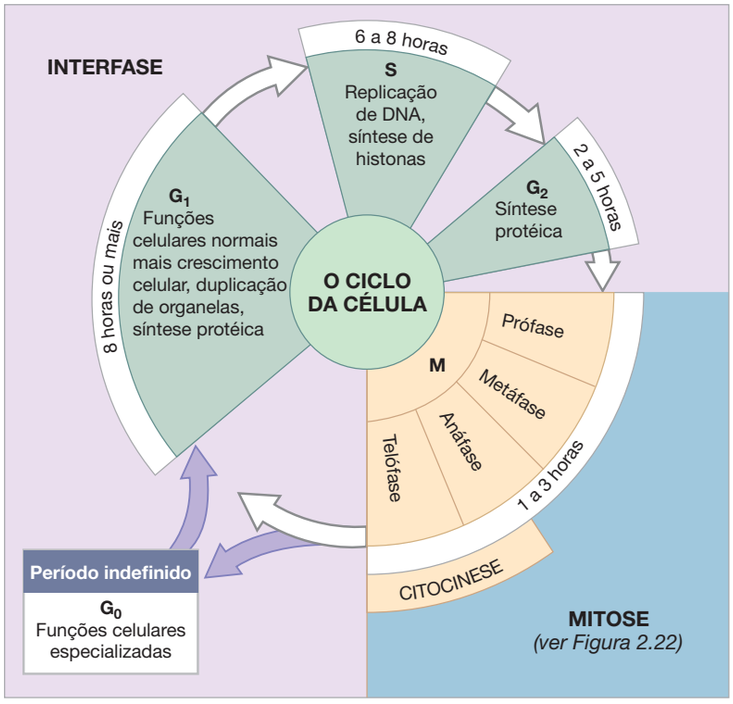


Figura 2.20 O ciclo de vida da célula.
O ciclo celular é dividido em interfase, que compreende os estágios G_1, S e G_2, e a fase M, que inclui a mitose e a citocinese. O resultado é a produção de duas células-filhas idênticas.

Interfase [Figuras 2.20/2.21/2.22]

A maior parte das células despende apenas uma pequena parte de sua vida envolvida ativamente na reprodução celular. As células somáticas passam a maior parte de suas vidas funcionais na *interfase*. Durante a **interfase**, a célula está desempenhando todas as suas funções normais e, se necessário, preparando-se para a divisão. Em uma célula que está se preparando para a divisão, a interfase pode ser dividida em fases G_1, S e G_2 (**Figura 2.20**). Uma célula em interfase, na **fase G_0**, não está se preparando para a mitose, mas está realizando todas as outras funções celulares normais. Algumas células maduras, como as células musculares estriadas esqueléticas e a maior parte dos neurônios, permanecem em G_0 indefinidamente e podem jamais passar pelo processo de mitose. Em contrapartida, *células-tronco*, que se dividem repetidamente com períodos muito breves de interfase, nunca entram na fase G_0.

Na **fase G_1**, a célula produz mitocôndrias, centríolos, elementos citoesqueléticos, retículo endoplasmático, ribossomos, membranas de Golgi e citosol em quantidade suficiente para originar duas células funcionais. Nas células em divisão à velocidade máxima, G_1 pode durar de 8 a 12 horas. Tais células empregam toda a sua energia na mitose e todas as outras atividades cessam. Mesmo que G_1 dure dias, semanas ou meses, a preparação para a mitose ocorre enquanto a célula desempenha suas funções normais. Quando as preparações que ocorrem na fase G_1 se completam, a célula entra na **fase S**. Nas 6 a 8 horas seguintes, a célula replica seus cromossomos – um processo que envolve a síntese de DNA e histonas associadas.

Ao longo da vida da célula, os filamentos de DNA no núcleo se mantêm intactos. A síntese de DNA, ou **replicação de DNA**, ocorre nas células que estão se preparando para passar por mitose ou meiose. O objetivo da replicação é copiar a informação genética no núcleo de tal modo que um conjunto de cromossomos possa ser distribuído para cada uma das duas células produzidas. Várias enzimas diferentes são necessárias para este processo.

Replicação de DNA

Cada moléclula de DNA consiste em um par de filamentos de nucleotídeos mantidos unidos por pontes de hidrogênio entre bases nitrogenadas complementares. A Figura 2.21 representa o processo de replicação de DNA. Ele tem início quando as ligações fracas entre bases nitrogenadas são rompidas e os filamentos se desenrolam. Enquanto ocorre esse processo, moléculas da enzima **DNA polimerase** ligam-se às bases nitrogenadas expostas. Essa enzima promove a ligação entre as bases nitrogenadas do filamento de DNA e os nucleotídeos complementares de DNA em suspensão no nucleoplasma.

Muitas moléculas de DNA polimerase agem simultaneamente em diferentes porções de cada filamento de DNA. Este processo produz cadeias curtas de nucleotídeos complementares, que são então mantidas juntas por enzimas denominadas **ligases**. O resultado final é um par de moléculas idênticas de DNA.

Uma vez terminada a replicação, ocorre uma **fase G_2** breve (2 a 5 horas), dedicada à última síntese protéica. A célula entra na **fase M** e a mitose começa (Figuras 2.20 e 2.22).

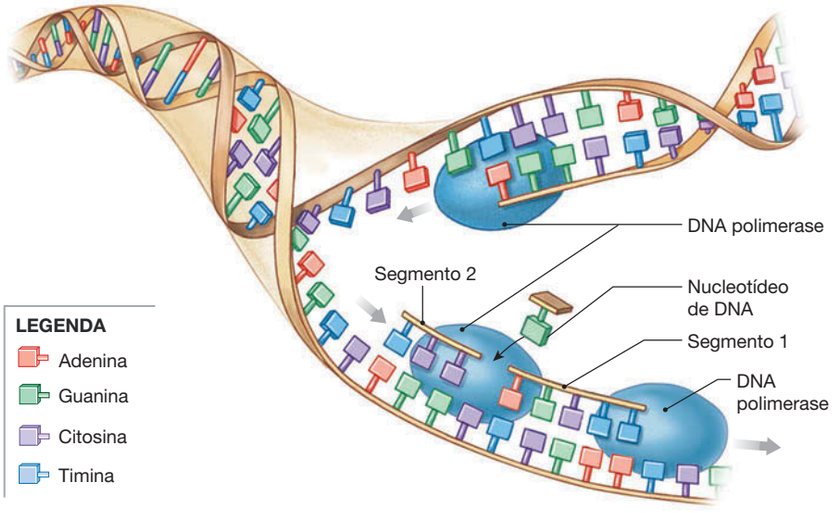


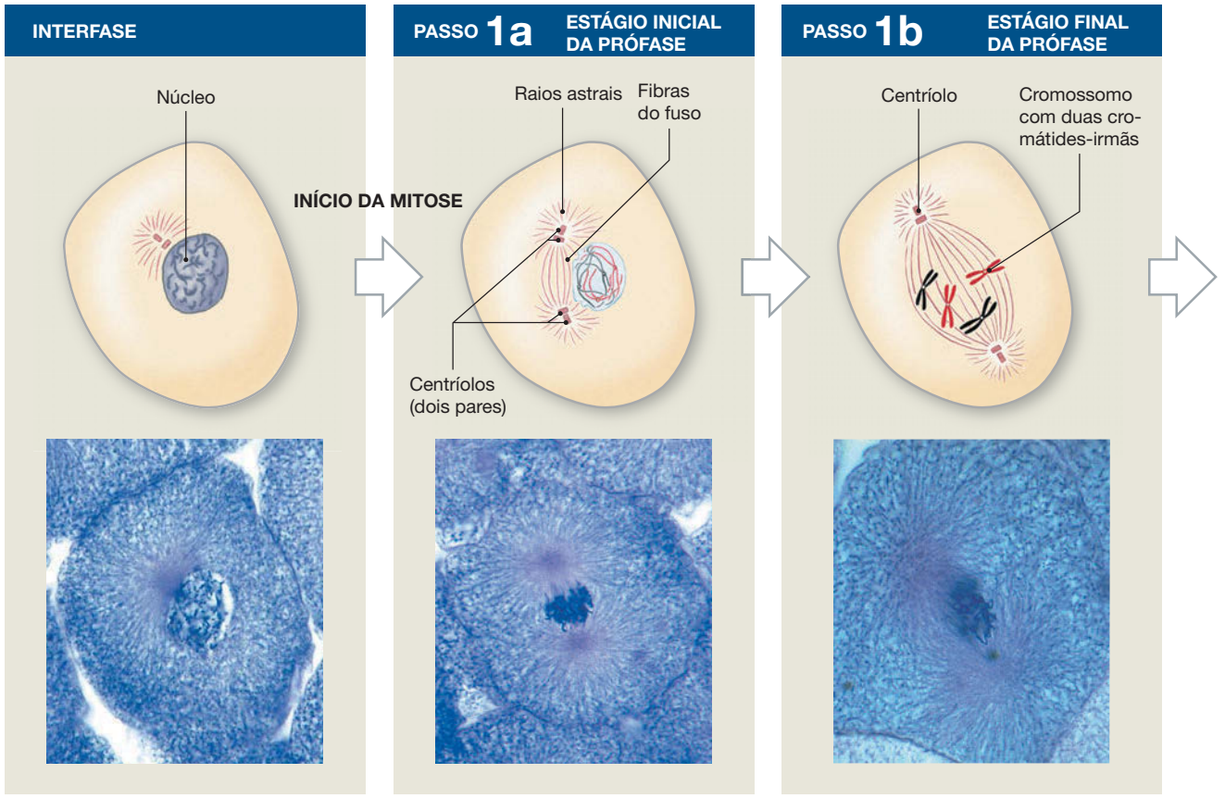
Figura 2.21 Replicação de DNA.
Na replicação de DNA, os filamentos pareados originais se desenrolam e a DNA polimerase começa a anexar nucleotídeos complementares de DNA ao longo de cada filamento. Este processo produz duas cópias idênticas da molécula original de DNA.

Mitose [Figura 2.22]

A mitose consiste em quatro estágios, mas as transições entre eles são pouco distintas. Os estágios estão representados na Figura 2.22.

PASSO 1. ***Prófase*** (*pro*, antes; Figura 2.22) A prófase começa quando os cromossomos enrolam-se firmemente de modo a tornarem-se visíveis como estruturas individuais. Como resultado da replicação de DNA durante a fase S, formaram-se duas cópias de cada cromossomo, denominadas **cromátides**, ligadas em um único ponto, o **centrômero**. Os centríolos foram replicados na fase G_1; os dois pares de centríolos afastam-se durante a prófase. As **fibras do fuso** estendem-se entre os pares de centríolos; microtúbulos menores chamados de *raios astrais* irradiam-se no citoplasma circundante. A prófase termina com o desaparecimento do envoltório nuclear. As fibras do fuso agora se dispõem entre os cromossomos, e o cinetócoro de cada cromátide permanece ligado a uma fibra do fuso, denominada *microtúbulo cromossômico.*

Figura 2.22 Interfase e mitose.
A aparência de uma célula em interfase e em vários estágios da mitose. (ML x 775)



Nota clínica

Divisão celular e câncer Em tecidos normais, a velocidade da divisão celular equilibra a perda ou destruição celular. Quando este equilíbrio se rompe, o tecido começa a aumentar de tamanho. Um **tumor** ou **neoplasia** é uma massa resultante de crescimento e divisão celular anormais. Em um **tumor benigno**, as células permanecem dentro de uma cápsula de tecido conectivo. Tumores deste tipo raramente ameaçam a vida de um idivíduo. A cirurgia pode remover o tumor caso seu tamanho e posição comprometam estruturas adjacentes.

Células de um **tumor maligno** não respondem mais a mecanismos normais de controle. Essas células dividem-se rapidamente e disseminam-se por tecidos circunvizinhos e podem também espalhar-se por outros tecidos e órgãos. Esta disseminação é denominada **metástase**. As metástases são perigosas e podem ser de difícil controle. Uma vez estabelecida em novo local, as células metastáticas produzem tumores secundários.

O termo **câncer** refere-se a uma doença caracterizada por células malignas. As células cancerosas gradualmente perdem sua semelhança com as células normais. Tais células apresentam modificações de tamanho e forma, e muitas vezes tornam-se excessivamente grandes ou anormalmente pequenas. As funções do órgão começam a sofrer deterioração conforme o número de células cancerosas aumenta. As células cancerosas podem não desempenhar totalmente as suas funções originais ou podem executá-las de maneira alterada. Elas também competem por espaço e nutrientes com as células normais. Elas não utilizam energia de maneira eficiente, crescem e multiplicam-se às expensas dos tecidos normais. Esta atividade é responsável pela aparência debilitada e emagrecida de muitos pacientes portadores de câncer em estágio terminal.

PASSO 2. ***Metáfase*** (*meta*, depois; Figura 2.22) As fibras do fuso agora passam entre os cromossomos, e o cinetócoro de cada cromátide anexa-se a uma fibra do fuso, denominada *microtúbulo cromossômico*. Os cromossomos compostos de pares de cromátides agora movem-se para uma zona central estreita denominada **placa equatorial** (metafásica). Um microtúbulo do fuso mitótico conecta-se a cada centrômero.

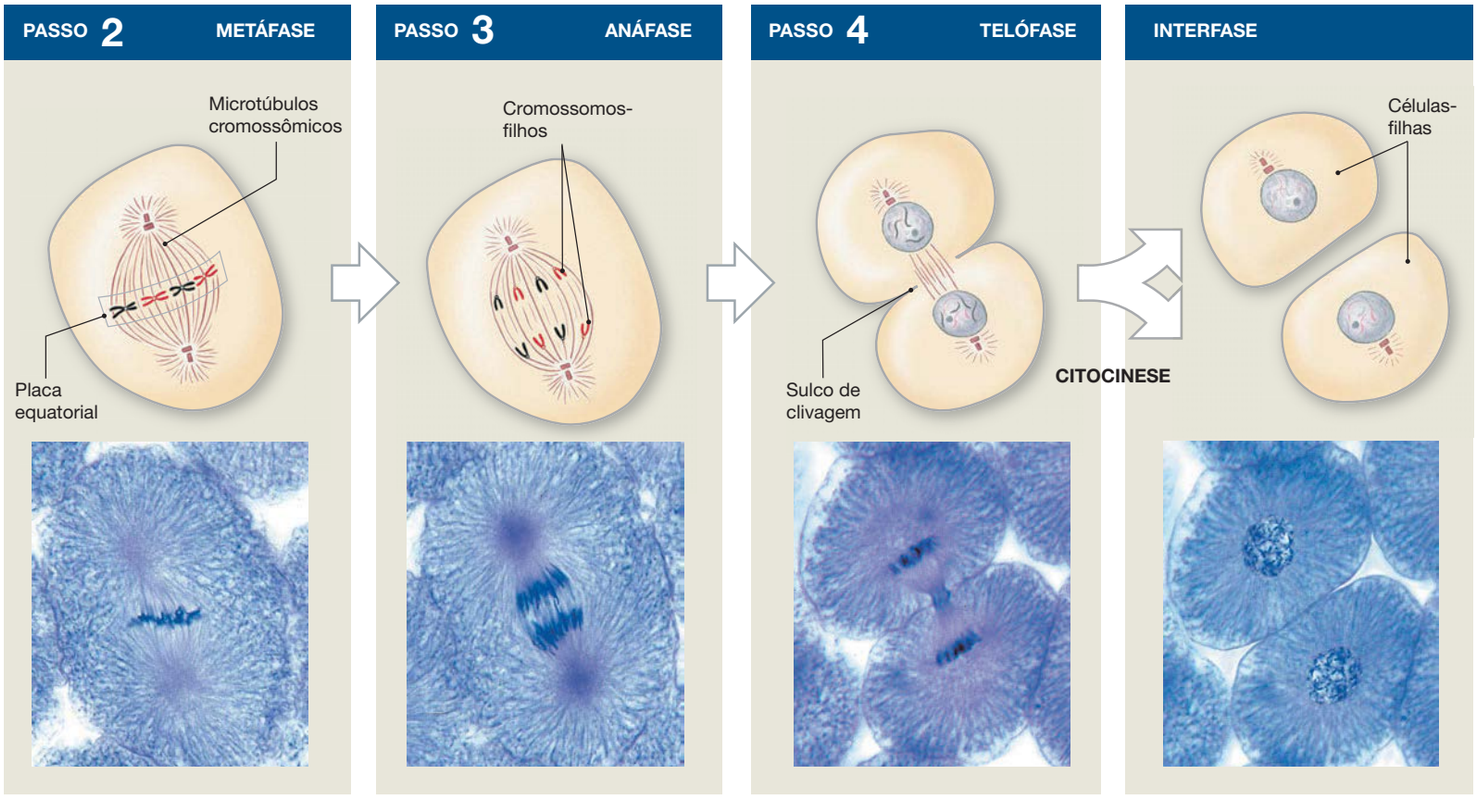
PASSO 3. ***Anáfase*** (*ana*, para trás; Figura 2.22) Como se respondessem a um único comando, os pares de cromátides separam-se e os **cromossomos-filhos** movem-se para pólos opostos da célula. A anáfase termina quando os cromossomos-filhos aproximam-se dos centríolos localizados nos pólos opostos da célula em divisão.

PASSO 4. ***Telófase*** (*telos*, fim; Figura 2.22) Este estágio corresponde ao inverso da prófase, pois nele a célula se prepara para voltar ao estado de interfase. Os envoltórios nucleares se formam e os núcleos crescem conforme os cromossomos desenrolam-se gradualmente. Quando os cromossomos desaparecem, os nucléolos reaparecem e os núcleos voltam a ter a mesma aparência observada nas células em interfase.

A telófase marca o final da mitose em si, mas as células-filhas ainda não completaram sua separação física. Este processo de separação, chamado de **citocinese** (*cyto*, célula + *kinesis*, movimento), geralmente inicia-se no final da anáfase. Conforme os cromossomos-filhos aproximam-se das terminações do fuso, o citoplasma constringe-se ao longo do plano da placa equatorial, formando um *sulco de clivagem*. Este processo continua ao longo da telófase, e o término da citocinese (Figura 2.22) marca o final da divisão celular e o início do próximo período de interfase.

A freqüência da divisão celular pode ser estimada pelo número de células em mitose em um dado período de tempo. Como resultado, o termo **velocidade mitótica** é freqüentemente utilizado quando se discute a

Figura 2.22 (*continuação*).



velocidade da divisão celular. Em geral, quanto mais longa a expectativa de vida de um determinado tipo de célula, menor a velocidade mitótica. Células relativamente duradouras, como células musculares e neurônios, nunca se dividem ou o fazem apenas em circunstâncias especiais. Outras células, como as que revestem o trato digestório, sobrevivem apenas por dias ou horas, pois encontram-se constantemente sob agressão causada por substâncias químicas, patógenos e abrasão. Células especiais, denominadas **células-tronco**, mantêm estas populações celulares por meio de ciclos repetidos de divisão celular.

REVISÃO DOS CONCEITOS

1. O que é divisão celular?
2. Antes da divisão celular, é necessário que ocorra a mitose. O que é mitose?
3. Liste, em ordem de aparecimento, os estágios da interfase e mitose, bem como os eventos que ocorrem em cada um deles.

Veja a seção de Respostas na parte final do livro.

TERMOS CLÍNICOS

Câncer: Doença caracterizada por células malignas.

Carcinógeno: Um fator ambiental que estimula a conversão de uma célula normal em uma célula cancerosa.

Genes supressores tumorais (GST) ou antioncogenes: Genes que suprimem a mitose e o crescimento em células normais.

Metástase: A disseminação de células malignas para tecidos e órgãos adjacentes e à distância.

Mutagênico: Um fator que pode danificar os filamentos de DNA e algumas vezes causar ruptura de cromossomos, estimulando o desenvolvimento de células cancerosas.

Oncogene: Um gene causador de câncer criado por mutação somática em um gene normal (proto-oncogene) envolvido com crescimento, diferenciação ou divisão celular.

Predisposição hereditária: A condição de um indivíduo nascido com genes que aumentam a propensão a uma doença específica.

Tumor benigno: Uma massa na qual as células permanecem inclusas em uma cápsula de tecido conectivo; raramente letal.

Tumor maligno: Uma massa na qual as células não mais respondem ao mecanismo de controle normal e dividem-se rapidamente.

Tumor (neoplasia): Uma massa produzida por crescimento e divisão celular anormais.

RESUMO PARA ESTUDO

Introdução 27

1. Todas as criaturas vivas são constituídas por **células**, e a *teoria celular* contemporânea incorpora vários conceitos básicos: (1) as células são "blocos de construção" de todas as plantas e animais; (2) as células são produzidas por divisão de células preexistentes; (3) as células são as menores unidades que desempenham funções vitais.
2. O corpo contém dois tipos de células: **células germinativas** (células sexuais ou células reprodutoras) e **células somáticas** (células do corpo).

O estudo das células 27

1. *Citologia* é o estudo da estrutura e função de células individuais.

Microscopia de luz 27

2. A *microscopia de luz* utiliza a luz para ampliar e visualizar estruturas celulares em até 1.000 vezes o seu tamanho natural. *(ver Figura 2.1a)*

Microscopia eletrônica 28

3. A *microscopia eletrônica* utiliza um feixe de elétrons em foco para ampliar a ultra-estrutura celular em até 1.000 vezes mais do que é possível com a microscopia de luz. *(ver Figura 2.1b,c)*

A anatomia da célula 29

1. Uma célula é envolta por uma camda delgada de **líquido extracelular**. O limite externo da célula é o **plasmalema**, ou **membrana celular**. É uma **dupla camada de fosfolipídeos**, contendo proteínas e colesterol. A *Tabela 2.1* resume a anatomia de uma célula típica. *(ver Figuras 2.3/2.4)*

O plasmalema 31

2. As **proteínas integrais** estão inclusas na dupla camada de fosfolipídeos da membrana, enquanto as **proteínas periféricas** estão fixadas à membrana mas podem separar-se dela. **Canais** permitem a movimentação de água e íons através da membrana; alguns canais são chamados de **canais-porta** porque são capazes de abrir ou fechar. *(ver Figuras 2.5/2.6)*
3. O plasmalema é **seletivamente permeável**; isto é, permite a passagem livre de alguns materiais.
4. **Difusão** é o movimento de material de uma área onde sua concentração é alta para uma área onde sua concentração é mais baixa. A difusão ocorre até que o **gradiente de concentração** seja eliminado. *(ver Figura 2.6 e Tabela 2.2)*
5. A difusão de água através da membrana em resposta a diferenças na concentração de água é chamada de **osmose**. *(ver Tabela 2.2)*
6. **Difusão facilitada** é um processo de transporte passivo que exige a presença de **proteínas transportadoras**. *(ver Tabela 2.2)*
7. Todos os **processos ativos transmembrana** demandam energia em forma de *adenosina trifosfato*, ou ATP. Dois processos ativos importantes são o transporte ativo e a endocitose. *(ver Tabela 2.2)*
8. Os mecanismos de **transporte ativo** consomem ATP e independem dos gradientes de concentração. Algumas **bombas de íons** são **bombas de troca**. *(ver Tabela 2.2)*
9. **Endocitose** é o movimento para dentro da célula e é um processo ativo que ocorre em uma de três formas: **pinocitose** (captação de líquidos), **fagocitose** (captação de sólidos), ou **endocitose mediada por receptor** (movimentação seletiva). Um resumo dos mecanismos envolvidos no movimento das substâncias através do plasmalema é apresentado na *Tabela 2.2. (ver Figuras 2.7/2.8)*
10. **Microvilosidades** são pequenas projeções digitiformes do plasmalema que ampliam a área de superfície exposta ao ambiente extracelular. *(ver Figura 2.9 e Tabela 2.1)*

O citoplasma 35

11. O **citoplasma** contém **citosol**, um líquido intracelular que envolve estruturas que desempenham funções específicas, chamadas de **organelas**. *(ver Figura 2.3 e Tabela 2.1)*

Organelas não-membranosas 36

12. As **organelas não-membranosas** não são encapsuladas por membranas e estão sempre em contato com o citosol. Elas incluem o citoesqueleto,

microvilosidades, centríolos, cílios, flagelos e ribossomos. *(ver Figuras 2.9 a 2.11 e Tabela 2.1)*

13. O **citoesqueleto** é uma rede interna de proteínas que confere força e flexibilidade ao citoplasma. Apresenta quatro componentes: **microfilamentos**, **filamentos intermediários**, **filamentos espessos** e **microtúbulos**. *(ver Figura 2.9 e Tabela 2.1)*
14. **Centríolos** são pequenos cilindros contendo microtúbulos que direcionam a movimentação dos cromossomos durante a divisão celular. *(ver Figura 2.10 e Tabela 2.1)*
15. **Cílios**, ancorados por um **corpúsculo (corpo) basal**, são microtúbulos contendo estruturas semelhantes a pêlos que se projetam da superfície da célula e apresentam um batimento rítmico para movimentar líquidos ou secreções sobre a superfície da célula. *(ver Figura 2.10 e Tabela 2.1)*
16. Um **flagelo** em forma de chicote movimenta a célula através do líquido circundante em vez de movimentar o líquido sobre a célula estacionária. A *Tabela 2.3* apresenta uma comparação entre centríolos, cílios e flagelos.
17. **Ribossomos** são fábricas intracelulares constituídas de subunidades grandes e pequenas; juntas elas produzem proteínas. Dois tipos de ribossomos, **livres** (dentro do *citosol*) e **fixos** (ligados ao *retículo endoplasmático*), são encontrados nas células. *(ver Figura 2.11 e Tabela 2.1)*

Organelas membranosas 38

18. As **organelas membranosas** são envoltas por membranas lipídicas que isolam seu conteúdo do citosol. Elas incluem as mitocôndrias, o núcleo, o retículo endoplasmático (liso e rugoso), o aparelho de Golgi, lisossomos e peroxissomos.
19. As **mitocôndrias** são responsáveis pela produção de 95% do ATP de uma célula típica. *(ver Figura 2.12 e Tabela 2.1)*
20. O **núcleo** é o centro do controle de operações da célula. É circundado por um **envoltório nuclear**, por meio do qual se comunica com o citosol através dos **poros nucleares**. O núcleo contém 23 pares de **cromossomos**. *(ver Figuras 2.13/2.14 e Tabela 2.1)*
21. O **retículo endoplasmático (RE)** é uma rede de membranas intracelulares envolvidas na síntese, no armazenamento, no transporte e na desintoxicação. O RE forma tubos ocos, lâminas planas e câmaras arredondadas denominadas **cisternas**. Há dois tipos de RE: rugoso (granular) e liso (agranular). O **retículo endoplasmático rugoso (RER)** apresenta ribossomos fixos; o **retículo endoplasmático liso (REL)** não apresenta tais estruturas. *(ver Figura 2.15 e Tabela 2.1)*
22. O **aparelho de Golgi** encapsula materiais para formar **lisossomos**, **peroxissomos**, **vesículas secretoras** e segmentos de membranas que são incorporados ao plasmalema. Produtos secretados são liberados da célula por meio do processo de **exocitose**. *(ver Figuras 2.16/2.17 e Tabela 2.1)*
23. **Lisossomos** são vesículas repletas de enzimas digestivas. O processo de endocitose é importante para limpar a célula de bactérias e resíduos. A vesícula endocítica se funde com o lisossomo, resultando na digestão do seu conteúdo. *(ver Figura 2.18 e Tabela 2.1)*
24. Os **peroxissomos** transportam enzimas utilizadas para quebrar moléculas orgânicas e neutralizar toxinas.

Fluxo de membrana 43

25. Existe um movimento contínuo de membrana entre o envoltório nuclear, o aparelho de Golgi, o retículo endoplasmático, vesículas e o plasmalema, denominado **fluxo de membrana**.

Conexões intercelulares 43

1. As células conectam-se umas às outras ou a fibras de proteínas extracelulares por meio de três tipos diferentes de junções celulares: junções oclusivas, junções comunicantes e junções-âncora.
2. Células em algumas áreas do corpo são conectadas por combinações de junções celulares. *(ver Figura 2.19)*
3. Em uma **junção oclusiva**, as porções lipídicas de dois plasmalemas são interligadas de forma a selar os espaços intercelulares. *(ver Figura 2.19b)*
4. Em uma **junção comunicante**, duas células se mantêm unidas por meio de proteínas de membrana encaixadas. Estas são proteínas de canal, que formam uma passagem estreita. *(ver Figura 2.19c)*
5. Uma **junção-âncora** propicia uma ligação mecânica entre duas células adjacentes nas suas superfícies lateral ou basal. *(ver Figura 2.19d)*
6. Um *hemidesmossomo* conecta uma célula a filamentos e fibras extracelulares *(ver Figura 2.19e)*

O ciclo de vida da célula 45

1. **Divisão celular** é a reprodução das células. Células germinativas (reprodutoras) produzem *gametas* (espermatozóides e oócitos) por meio de um processo chamado de *meiose. (ver Capítulo 28)* Em uma célula em divisão, um período de interfase ou crescimento se alterna com uma fase de divisão nuclear, denominado **mitose**. *(ver Figuras 2.20/2.22)*

Interfase 45

2. Muitas células somáticas despendem a maior parte do tempo em **interfase**, um período de crescimento. *(ver Figura 2.20)*

Mitose 46

3. **Mitose** refere-se à divisão nuclear de células somáticas.
4. A mitose se processa em quatro estágios distintos e contíguos: **prófase**, **metáfase**, **anáfase** e **telófase** *(ver Figura 2.22)*

REVISÃO DO CAPÍTULO

Para respostas às questões da Revisão dos Conceitos e Revisão do Capítulo, veja a seção de Respostas na parte final do livro.

Nível 1 – Revisão de fatos e termos

Associe cada item numerado com a letra do item que melhor se relaciona. Utilize letras para as respostas nos espaços apropriados.

Coluna A

__1. ribossomos
__2. lisossomos
__3. proteínas integrais
__4. aparelho de Golgi
__5. endocitose
__6. citoesqueleto
__7. junção oclusiva
__8. núcleo
__9. fase S

Coluna B

a. replicação de DNA
b. discos planos de membrana, encapsulamento
c. plasmalemas adjacentes ligados por bandas de proteínas conectadas
d. encapsulamento de material para importação para a célula
e. RNA e proteína; síntese de proteína
f. centro de controle, armazena informação genética
g. vesículas celulares com enzimas digestivas
h. inclusas no plasmalema
i. estrutura interna de proteína no citoplasma

10. Todos os mecanismos de transporte transmembrana a seguir são processos passivos, exceto:
    (a) difusão facilitada
    (b) transporte vesicular
    (c) filtração
    (d) difusão

11. O revestimento externo superficial e viscoso do plasmalema é:
    (a) a dupla camada fosfolipídica
    (b) a rede de canais-porta
    (c) o glicocálice
    (d) o plasmalema

12. A interfase no ciclo de vida da célula é dividida nas seguintes fases:
    (a) prófase, metáfase, anáfase e telófase
    (b) G_0, G_1, S e G_2
    (c) mitose e citocinese
    (d) replicação, repouso e divisão

13. Qual organela é prevalente em células envolvidas em eventos fagocitários?
    (a) ribossomos livres
    (b) lisossomos
    (c) peroxissomos
    (d) microtúbulos

14. Em comparação com o líquido intracelular, o líquido extracelular contém:
    (a) quantidades equivalentes de íons sódio
    (b) concentrações consistentemente maiores de íons potássio
    (c) muito mais enzimas
    (d) menor concentração de proteínas dissolvidas

15. O fluxo de membrana propicia um mecanismo para:
    (a) modificação contínua nas características das membranas
    (b) aumento do tamanho da célula
    (c) resposta da célula a um estímulo ambiental específico
    (d) todas as anteriores

16. Se uma célula não apresenta mitocôndrias, como resultado direto esta célula não poderá:
    (a) produzir proteínas
    (b) produzir quantidades substanciais de ATP
    (c) encapsular proteínas produzidas por ribossomos fixos
    (d) reproduzir-se

17. Algumas proteínas integrais da membrana formam canais-porta que abrem e fecham para:
    (a) regular a passagem de materiais para dentro e para fora da célula
    (b) permitir o movimento da água para dentro e para fora da célula
    (c) transportar grandes proteínas para dentro da célula
    (d) comunicar-se com células vizinhas

18. As três principais funções do retículo endoplasmático são:
    (a) hidrólise, difusão, osmose
    (b) desintoxicação, encapsulamento, modificação
    (c) síntese, armazenamento, transporte
    (d) pinocitose, fagocitose, armazenamento

19. A função de um plasmalema seletivamente permeável é:
    (a) permitir que apenas materiais solúveis em água entrem e saiam da célula livremente
    (b) proibir a entrada de todos os materiais na célula, algumas vezes
    (c) permitir a passagem livre de certos materiais e restringir a passagem de outros
    (d) permitir que materiais entrem e saiam da célula utilizando apenas processos ativos

20. A presença de patógenos invasores no líquido extracelular estimularia as células imunológicas a se engajarem no mecanismo de:
    (a) pinocitose
    (b) fagocitose
    (c) pinocitose mediada por receptor
    (d) transporte pesado

Nível 2 – Revisão de conceitos

1. Quais são as vantagens para uma célula em ter seu núcleo encapsulado por uma membrana?
2. Liste os três conceitos básicos que estruturam a teoria celular moderna.
3. Cite os quatro processos passivos por meio dos quais as substâncias entram e saem das células.
4. Explique as semelhanças e as diferenças entre difusão facilitada e transporte ativo.
5. Quais são os três principais fatores que determinam se uma substância pode atravessar ou não o plasmalema por meio da difusão?
6. O que são organelas? Identifique as duas grandes categorias nas quais as organelas podem ser classificadas e descreva as principais diferenças entre estes grupos.
7. Qual é a relação entre a velocidade mitótica e a freqüência da divisão celular?
8. Liste os estágios da mitose em ordem e descreva resumidamente os eventos que ocorrem em cada um deles.
9. Quais são as quatro funções gerais do plasmalema?
10. Discuta as duas principais funções dos microfilamentos.

Nível 3 – Pensamento crítico

1. Por que a pele das suas mãos fica túrgida e enrugada se você as deixa na água por um longo período de tempo?
2. Quando a pele danificada por queimaduras do sol “descasca”, grandes áreas de células epidérmicas são destacadas em bloco. Por que tal desprendimento ocorre desta maneira?
3. Qual é o benefício de existirem algumas organelas encapsuladas por uma membrana semelhante à membrana celular?
4. Evidências experimentais demonstram que o transporte de uma certa molécula exibe as seguintes características: (1) a molécula se move contra seus gradientes de concentração e (2) energia celular é necessária para que o transporte ocorra. Que tipo de processo de transporte está ocorrendo?

3

Tecidos e Embriologia

Introdução 52

Tecido epitelial 52

Tecidos conectivos 61

Membranas/túnicas 72

Tecidos conectivos e estrutura do corpo 73

Tecido muscular 75

Tecido nervoso 77

Tecidos, nutrição e envelhecimento 77

OBJETIVOS DO CAPÍTULO:

1. Descrever as relações estruturais e funcionais entre células e tecidos e classificar os tecidos do corpo em quatro categorias principais.
2. Descrever a relação entre estrutura e função para cada tipo epitelial.
3. Definir glândula e epitélio glandular.
4. Descrever todos os tipos e modos de secreção glandular; comparar estruturas glandulares.
5. Comparar as características estruturais e funcionais dos elementos dos tecidos conectivos.
6. Descrever as características gerais e localizações de diferentes tipos de tecidos conectivos.
7. Comparar tecidos conectivos no embrião e no adulto.
8. Explicar como tecidos epiteliais e conectivos se combinam para formar membranas/túnicas e especificar as funções de cada tipo de membrana/túnica.
9. Descrever como tecidos conectivos constituem a estrutura do corpo.
10. Comparar os três tipos de tecidos musculares em termos de estrutura, função e localização.
11. Discutir a estrutura básica e a função do tecido nervoso.
12. Diferenciar neurônios de células da glia; discutir as funções de cada uma dessas células.
13. Descrever a influência da nutrição e do envelhecimento nos tecidos.

Uma grande corporação assemelha-se muito a um organismo vivo, apesar de depender de empregados, em vez de células, para assegurar sua sobrevivência. Uma corporação pode necessitar de milhares de empregados para manter-se em funcionamento, e suas atribuições variam – nenhum empregado faz absolutamente tudo dentro de uma empresa. Assim, corporações geralmente individualizam grandes funções como *marketing*, produção e manutenção. As funções exercidas pelo corpo são muito mais diversificadas do que as das corporações, e nenhuma célula individualmente contém os artefatos metabólicos e as organelas necessárias para desempenhar todas elas. Ao contrário, por meio do processo de diferenciação, cada célula desenvolve um conjunto particular de características estruturais e um número limitado de funções. Estas estruturas e funções podem ser bastante distintas mesmo entre células vizinhas. Ainda assim, células em uma determinada localização trabalham em conjunto. Um exame detalhado do corpo revela uma série de padrões em nível celular. Embora o corpo contenha trilhões de células, existem aproximadamente apenas 200 tipos de células. Esses tipos de células combinam-se para formar **tecidos**, que são coleções de células especializadas e produtos celulares que executam um número relativamente limitado de funções. *Histologia* é o estudo das pequenas estruturas das células, tecidos e órgãos em relação às suas funções. Os quatro **tipos de tecidos primários** são *tecido epitelial, tecido conectivo, tecido muscular* e *tecido nervoso*. As funções básicas desses tipos de tecidos são apresentadas na Figura 3.1.

Este capítulo discutirá as características de cada um dos principais tipos de tecidos, concentrando-se na relação entre organização celular e função tecidual. Conforme observado no Capítulo 2, histologia é o estudo de grupos de células especializadas e de produtos celulares que trabalham em conjunto para desempenhar funções específicas. Este capítulo introduz conceitos histológicos básicos necessários para a compreensão dos padrões de interação tecidual nos órgãos e sistemas considerados em capítulos posteriores.

É importante compreender que as amostras teciduais geralmente passam por manipulação considerável antes do exame microscópico. Por exemplo, as fotomicrografias apresentadas neste capítulo são de amostras de tecidos que foram removidas e preservadas em solução fixadora, e inclusas em um meio que possibilitou a realização de secções finas. O plano de secção é determinado pela orientação do tecido incluso em relação à lâmina de corte. Pela variação do plano de secção, é possível obter informações úteis sobre a anatomia tridimensional de uma estrutura (Figura 1.11, pág. 17). Entretanto, a aparência de um tecido em preparações histológicas variará marcadamente dependendo do plano de secção, conforme indicado na Figura 1.12, pág. 18. Mesmo em um único plano de secção, a organização interna de uma célula ou tecido pode variar conforme o nível de secção se modifica. Você deverá manter estas limitações em mente quando revisar as micrografias encontradas ao longo deste texto.

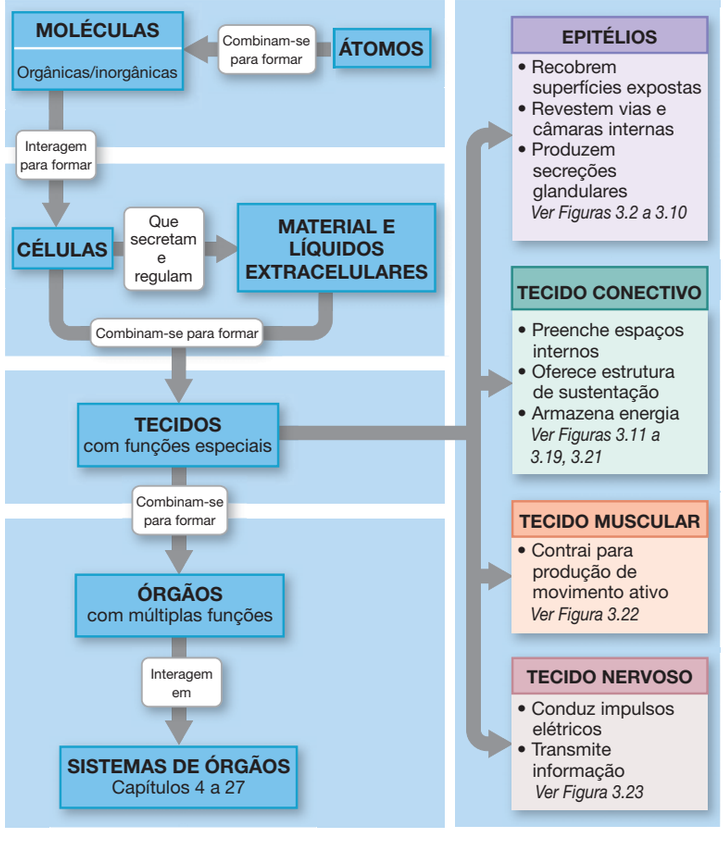


Figura 3.1 Uma orientação para os tecidos do corpo.
Uma visão geral dos níveis de organização no corpo e uma introdução a algumas das funções dos quatro tipos de tecido.

Tecido epitelial

O tecido epitelial inclui epitélios e glândulas; glândulas são estruturas secretoras derivadas dos epitélios. Um **epitélio** é uma lâmina de células que recobre uma superfície exposta ou reveste uma cavidade ou via interna. Cada epitélio é uma barreira com propriedades específicas. Os epitélios recobrem toda a supefície exposta do corpo. A superfície da pele é um bom exemplo, mas os epitélios também revestem os tratos digestório, respiratório, genital e urinário – vias de comunicação com o meio externo. Os epitélios também revestem cavidades e vias internas, como a cavidade torácica, câmaras encefálicas preenchidas com líquido, olho, orelha interna e superfícies internas dos vasos sangüíneos e coração.

Características importantes dos epitélios são:

1. *Celularidade*: Os epitélios são compostos quase inteiramente de células fortemente ligadas por junções celulares. Há pouco ou nenhum espaço intercelular nos tecidos epiteliais. (Na maioria dos outros tecidos, líquido extracelular ou fibras separam as células individuais.)
2. *Polaridade*: Um epitélio sempre apresenta uma *superfície apical* exposta voltada para o exterior do corpo ou algum espaço interno. Também apresenta um *superfície basal* fixa, onde o epitélio é anexado a tecidos subjacentes. As superfícies diferem na estrutura e função do plasmalema. Se o epitélio contém uma única camada de células ou múltiplas camadas, as organelas e outros componentes citoplasmáticos não se encontram uniformemente distribuídos entre a superfície exposta e a fixa. **Polaridade** é o termo que se refere a uma distribuição desigual.
3. *Fixação*: A superfície basal de um epitélio típico é ligada a uma **lâmina basal** delgada. A lâmina basal é uma estrutura complexa produzida pelo epitélio e pelas células do tecido conectivo subjacente.
4. *Avascularidade*: Os epitélios não contêm vasos sangüíneos. Em função desta condição **avascular** (*a*, sem + *vas*, vaso), as células epiteliais precisam obter nutrientes por meio de difusão ou absorção através das superfícies apical ou basal.
5. *Organização em lâminas ou camadas*: Todo tecido epitelial é composto de uma ou mais camadas de células, aumentando sua espessura.
6. *Regeneração*: Células epiteliais danificadas ou perdidas na superfície são continuamente repostas por divisões de células-tronco no epitélio.

Funções do tecido epitelial

Os epitélios desempenham algumas funções essenciais:

1. *Oferecem proteção física*: Os epitélios protegem superfícies externas e internas contra abrasão, desidratação e destruição por agentes químicos e biológicos.
2. *Controlam a permeabilidade*: Qualquer substância que penetra ou sai de um corpo necessariamente precisa atravessar um epitélio. Alguns epitélios são relativamente impermeáveis, enquanto outros são permeáveis a compostos tão grandes quanto proteínas. Muitos epitélios contêm dispositivos moleculares necessários para absorção seletiva ou secreção. A barreira epitelial pode ser regulada e modificada em resposta a vários estímulos. Por exemplo, hormônios podem afetar o transporte de íons e nutrientes através de células epiteliais. Até mesmo o estresse físico pode alterar a estrutura e as propriedades de epitélios – lembre-se das calosidades que se formam nas suas mãos quando você faz algum trabalho pesado por um período de tempo mais longo.
3. *Proporcionam sensação*: A maior parte dos epitélios é extensamente suprida por nervos sensitivos. Células epiteliais especializadas podem detectar modificações no ambiente e transmitir informações sobre tais modificações para o sistema nervoso. Por exemplo, receptores de tato nas camadas epiteliais mais profundas da pele respondem à pressão por estimulação de nervos sensitivos adjacentes. Um **neuroepitélio** é um epitélio sensitivo especializado. Neuroepitélios são encontrados nos órgãos dos sentidos que fornecem sensações como olfação, gustação, visão, equilíbrio e audição.
4. *Produzem secreções especializadas*: Células epiteliais que produzem secreções são denominadas **células glandulares.** Células glandulares individuais estão freqüentemente dispersas entre outros tipos de células em um epitélio. Em um **epitélio glandular**, a maior parte ou todas as células epiteliais produzem secreção.

Especializações das células epiteliais [Figura 3.2]

Células epiteliais apresentam muitas especializações que as distinguem de outras células do corpo. Muitas células epiteliais são especializadas na (1) produção de secreções, (2) movimentação de líquidos sobre uma superfície epitelial, ou (3) movimentação de líquidos através do próprio epitélio. Essas células epiteliais especializadas geralmente apresentam uma polaridade definida ao longo do eixo que se estende da *superfície apical*, onde a célula está exposta a um ambiente externo ou interno, até a *superfície basolateral*, onde o epitélio fica em contato com a lâmina basal e células epiteliais adjacentes. Essa polaridade significa que (1) as organelas intracelulares apresentam-se distribuídas de modo desigual e (2) os plasmalemas apical e basolateral diferem em termos das suas proteínas associadas e funções. Na verdade, o arranjo das organelas varia dependendo das funções das células individuais.

A maior parte das células epiteliais apresenta microvilosidades nas suas superfícies apicais expostas; podem existir apenas algumas microvilosidades, ou elas podem recobrir a superfície toda. Microvilosidades são especialmente abundantes em superfícies epiteliais onde ocorrem absorção e secreção, como ao longo de porções dos tratos digestório e urinário. pág. 35 As células epiteliais nestes locais são especializadas em transporte, e uma célula com microvilosidades apresenta pelo menos 20 vezes a área de superfície de uma célula que não apresenta tais estruturas. Áreas ampliadas de superfície aumentam a capacidade da célula de absorver e secretar através do plasmalema. Microvilosidades são representadas na Figura 3.2. **Estereocílios** são microvilosidades muito longas (até 250 μm) que são incapazes de movimentação. Estereocílios são encontrados ao longo de porções do trato genital masculino e em células receptoras da orelha interna.

A Figura 3.2b mostra a superfície apical de um **epitélio ciliado**. Uma célula ciliada típica contém aproximadamente 250 cílios que batem co-

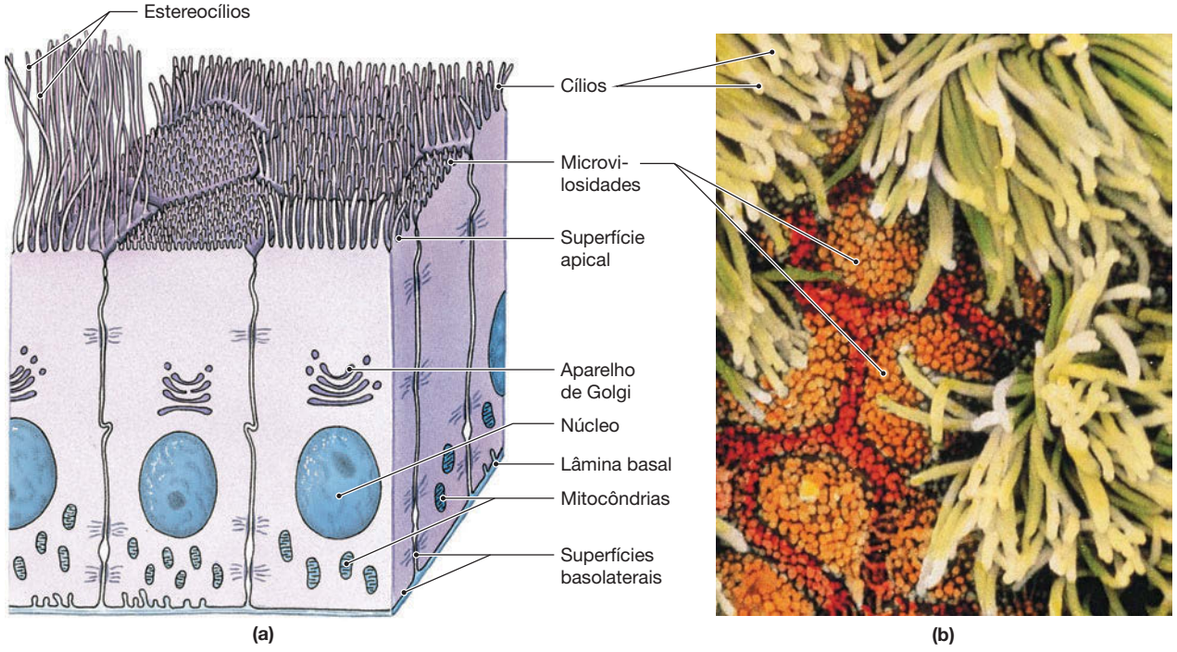


Figura 3.2 Polaridade de células epiteliais.
(a) Muitas células epiteliais diferem em sua organização interna ao longo do eixo entre a superfície apical e a lâmina basal. A superfície apical freqüentemente apresenta microvilosidades; com menos freqüência, pode apresentar cílios ou estereocílios (muito raramente). Uma única célula tipicamente apresenta apenas um tipo de processo; estereocílios e microvilosidades são apresentados juntos para representar suas proporções relativas. *(Os três juntos normalmente não apareceriam no mesmo grupo de células, mas são mostrados aqui como exemplo ilustrativo.)* Junções oclusivas evitam a movimentação de patógenos ou a difusão de materiais dissolvidos entre as células. Pregas no plasmalema, próximas à base da célula, aumentam a área de superfície exposta à lâmina basal. Mitocôndrias estão tipicamente concentradas na região basolateral, provavelmente com o objetivo de fornecer energia para as atividades de transporte da célula. **(b)** MEV mostrando a superfície do epitélio que reveste a maior parte do trato respiratório. As pequenas áreas com cerdas são as microvilosidades observadas nas superfícies expostas das células secretoras de muco que se encontram dispersas entre as células epiteliais ciliadas. (MEV x 15.846)

ordenadamente. Substâncias são movimentadas sobre a superfície epitelial pelo batimento sincronizado dos cílios, como uma escada rolante contínua. Por exemplo, o epitélio ciliado que reveste o trato respiratório movimenta muco dos pulmões para a faringe. O muco adere partículas e patógenos e os transporta para longe das superfícies mais delicadas e profundas dos pulmões.

Manutenção da integridade do epitélio

Três fatores estão envolvidos na manutenção da integridade física de um epitélio: (1) junções intercelulares, (2) fixação à lâmina basal e (3) manutenção e renovação epiteliais.

Junções intercelulares [Figura 3.3]

Células no epitélio são freqüentemente mantidas unidas por uma variedade de junções celulares, como detalha a **Figura 2.19**, pág. 44. Há freqüentemente uma extensa invaginação da superfície oposta do plasmalema que tanto encaixa as células quanto aumenta a área da superfície das junções celulares. Note o grau de encaixe entre os plasmalemas na **Figura 3.3a,c**. As extensas junções entre as células as mantêm unidas e podem impedir o acesso de substâncias químicas ou de patógenos que entrariam em contato com suas superfícies livres. A combinação de junções celulares, MACs (moléculas de adesão celular), cimento intercelular e encaixe físico proporciona ao epitélio grande força e estabilidade (**Figura 3.3b**).

Fixação à lâmina basal [Figura 3.3b]

Células epiteliais não apenas fixam-se umas às outras, mas também permanecem firmemente conectadas ao resto do corpo. A superfície basal de um epitélio típico é conectada à **lâmina basal** (*lamina*, camada delgada). A porção superficial da lâmina basal consiste em uma *lâmina lúcida* (*translúcida*) (também denominada lâmina transparente; *lamina*, camada + *lucida*, transparente), uma região dominada pela presença de glicoproteínas e uma rede de microfilamentos delicados. A lâmina lúcida da lâmina basal oferece uma barreira que restringe a movimentação de proteínas e outras moléculas grandes do tecido conectivo subjacente para o epitélio. Na maioria dos tecidos epiteliais, a lâmina basal apresenta uma segunda camada, mais profunda, denominada *lâmina densa*, que é secretada pelas células do tecido conectivo subjacente. A lâmina densa contém feixes de fibras protéicas grosseiras, que garantem a resistência da lâmina basal. Fixações entre as fibras protéicas da lâmina lúcida e da lâmina densa as mantêm unidas.

Manutenção e renovação epiteliais

Um epitélio precisa de reparo e renovação contínuos. A velocidade de divisão celular varia dependendo da velocidade da perda de células epiteliais superficiais. Células epiteliais sofrem constantes agressões, pois podem estar expostas a enzimas destrutivas, substâncias químicas tóxicas, bactérias patogênicas e abrasão mecânica. Sob condições severas, como as encontradas no interior do intestino delgado, uma célula epitelial pode sobreviver por apenas um dia ou dois antes de ser destruída. A única forma pela qual o epitélio pode manter sua integridade ao longo do tempo é por meio da divisão contínua de células-tronco. Essas células, também conhecidas como **células germinativas**, são geralmente encontradas próximo à lâmina basal.

REVISÃO DOS CONCEITOS

1. Identifique os quatro tipos de tecido primário.
2. Liste quatro características dos epitélios.
3. Cite duas especializações das células epiteliais.

Veja a seção de Respostas na parte final do livro.

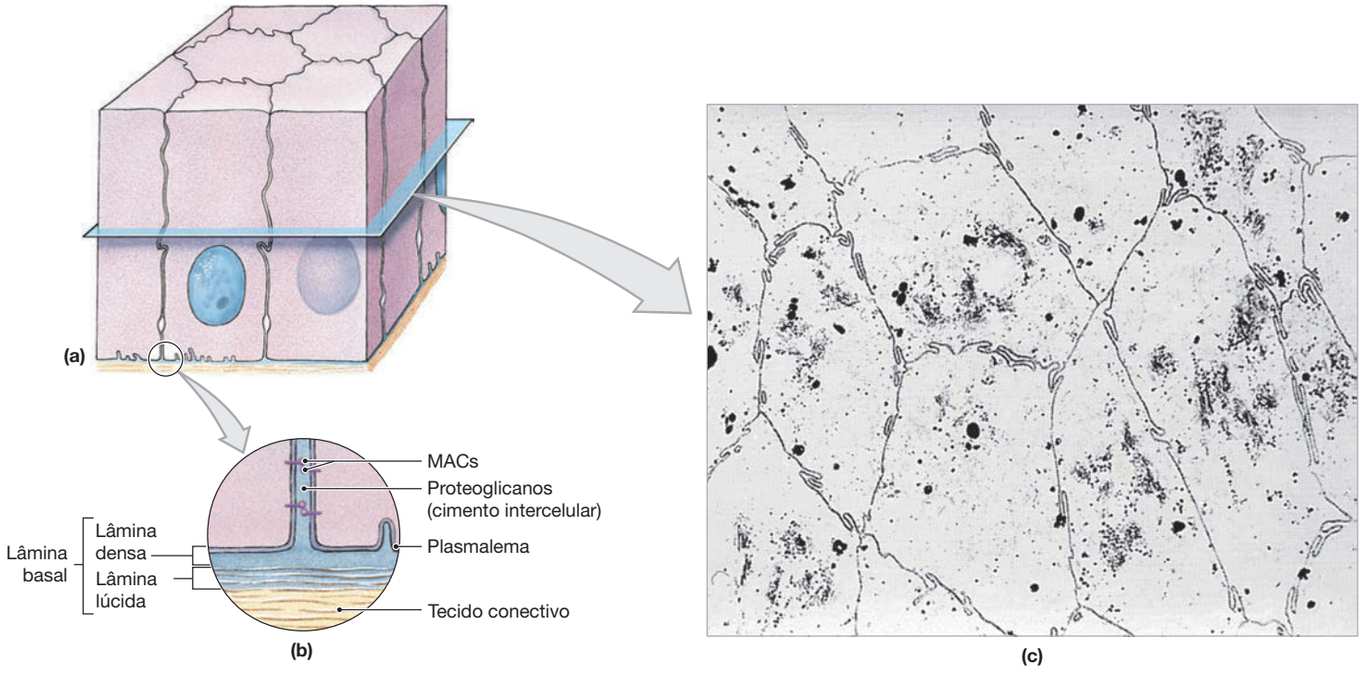


Figura 3.3 Epitélios e lâminas basais.
A integridade de um epitélio depende de conexões entre células epiteliais adjacentes e suas fixações à lâmina basal subjacente. **(a)** Células epiteliais são geralmente agrupadas em feixes e interconectadas por junções intercelulares. *(Ver Figura 2.19)* **(b)** Nas suas superfícies basais, os epitélios são fixos à lâmina basal que constitui o limite entre as células epiteliais e o tecido conectivo subjacente. **(c)** Plasmalemas epiteliais adjacentes são geralmente encaixados. A MET, ampliada 2.600 vezes, mostra o grau do encaixe entre as células epiteliais colunares.

Classificação dos epitélios

Os epitélios são classificados de acordo com o número de camadas celulares e a forma das células na superfície exposta. O esquema de classificação reconhece dois tipos de disposição em camadas – *simples* e *estratificado* – e três formas de célula – *escamosa*, *cubóide* e *colunar*.

Se existir apenas uma camada de células recobrindo a lâmina basal, o epitélio é denominado **epitélio simples**. Os epitélios simples são relativamente delgados e, uma vez que todas as células apresentam a mesma polaridade, os núcleos formam uma fila, todos aproximadamente à mesma distância da lâmina basal. Por sua característica delgada, os epitélios simples são também relativamente frágeis. Uma única camada de células não pode oferecer muita proteção mecânica, e os epitélios simples são encontrados apenas em áreas protegidas dentro do corpo. Eles revestem compartimentos e vias internas, incluindo as cavidades ventrais do corpo, como as câmaras do coração e todos os vasos sangüíneos.

Os epitélios simples são também característicos de regiões onde ocorre secreção, absorção ou filtração, como os revestimentos dos intestinos e as superfícies onde ocorre a difusão gasosa nos pulmões. Nestes locais, uma lâmina única delgada de epitélio simples oferece uma vantagem, pois diminui a distância envolvida e, assim, também o tempo necessário para a passagem de materiais através da barreira epitelial.

O **epitélio estratificado** apresenta duas ou mais camadas de células acima da lâmina basal. Os epitélios estratificados são geralmente encontrados em áreas sujeitas a estresses químicos e mecânicos, como a superfície da pele e o revestimento da boca. As múltiplas camadas de células em um epitélio estratificado fazem com que ele seja mais espesso e resistente do que o epitélio simples. Independentemente de ser estratificado ou simples, o epitélio precisa se regenerar, substituindo suas células ao longo do tempo. As células germinativas estão sempre próximas ou na lâmina basal. Isso significa que, em um epitélio simples, as células germinativas formam parte da superfície epitelial exposta, enquanto, em um epitélio estratificado, as células germinativas são recobertas por mais células superficiais.

A combinação dos dois tipos básicos (simples e estratificado) e das três formas celulares possíveis (escamosa, cubóide e colunar) permite a descrição de quase todos os tipos de epitélio no corpo.

Epitélios escamosos [Figura 3.4]

Em um **epitélio escamoso** (*squama*, placa ou escama), as células são delgadas, planas e um pouco irregulares em seu formato – como peças de quebra-cabeças (**Figura 3.4a**). Na vista de uma secção, o núcleo ocupa a porção mais espessa de cada célula e apresenta um formato achatado semelhante ao da célula como um todo; vistas da superfície, as células se parecem com ovos fritos, dispostos lado a lado. O **epitélio escamoso simples** é o tipo mais delicado de epitélio no corpo. Esse tipo de epitélio é encontrado em regiões protegidas onde ocorre absorção ou onde superfícies lisas e viscosas reduzem o atrito. Exemplos incluem as superfícies onde ocorre a difusão gasosa nos pulmões (*alvéolos*), as túnicas serosas que revestem as cavidades ventrais do corpo e as superfícies internas do sistema circulatório.

Nomes especiais foram dados a epitélios escamosos simples que revestem câmaras e vias que não se comunicam com o ambiente externo. O epitélio escamoso simples que reveste as cavidades ventrais do corpo é conhecido como **mesotélio** (*mesos*, meio). A pleura, o peritônio e o pericárdio contêm, cada um, uma camada superficial de mesotélio. O epitélio

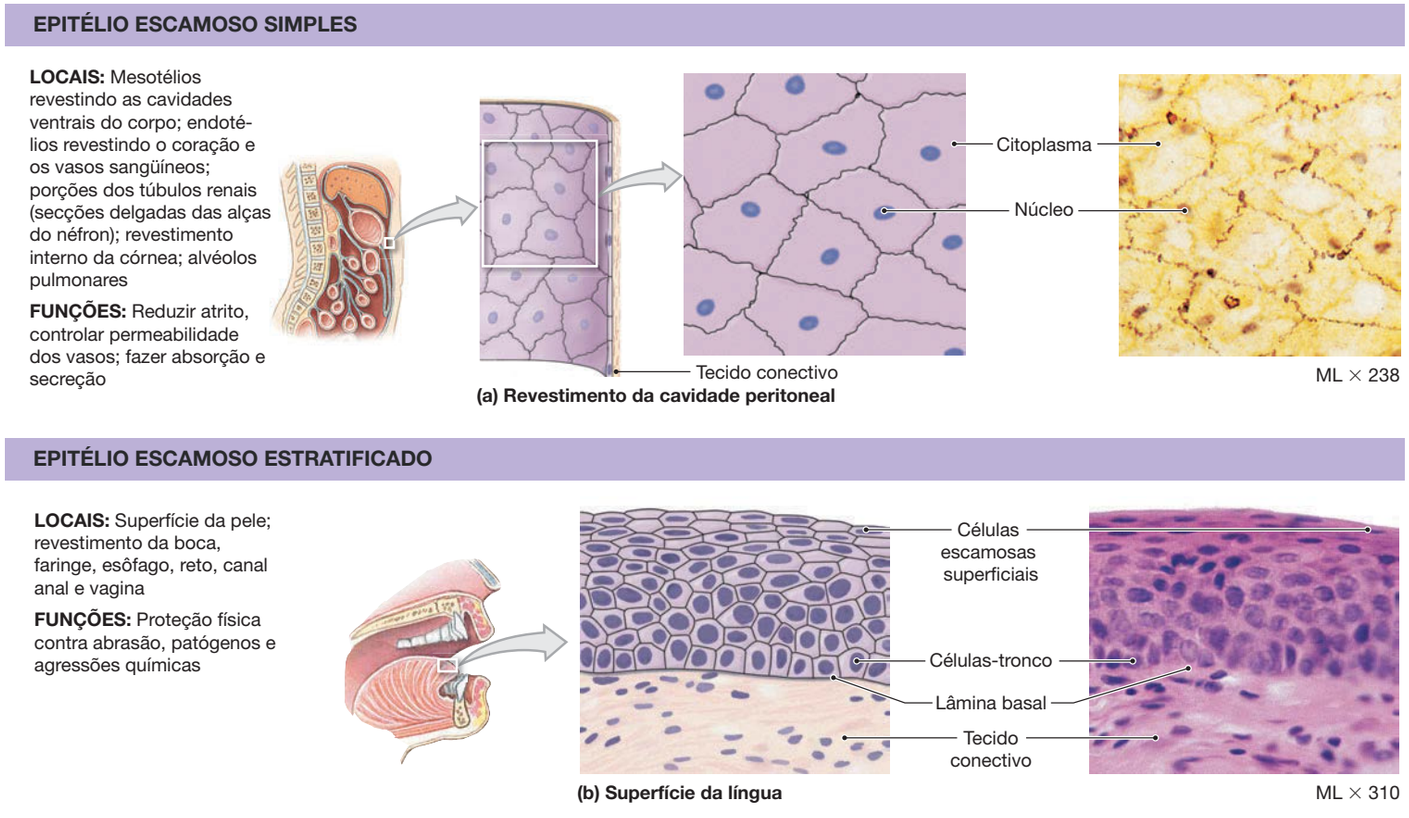


Figura 3.4 Histologia dos epitélios escamosos.
(a) Epitélio escamoso simples. Vista superficial de epitélio escamoso simples (*mesotélio*) que reveste a cavidade peritoneal. O desenho tridimensional mostra o epitélio nas vistas superficial e em secção. **(b)** Epitélio escamoso estratificado. Vistas em secção do epitélio escamoso estratificado que recobre a língua.

escamoso simples que reveste o coração e todos os vasos sangüíneos é denominado **endotélio**.

O **epitélio escamoso estratificado** (Figura 3.4b) é geralmente encontrado onde o estresse mecânico é severo. Observe como as células formam uma série de camadas, como uma pilha de placas de madeira de compensado. A superfície da pele e o revestimento da boca, da faringe, do esôfago, do reto, da vagina e do canal anal são áreas onde este tipo de epitélio oferece proteção contra agressões física e química. Em superfícies expostas do corpo, onde o estresse mecânico e a desidratação são problemas potenciais, as camadas apicais de células epiteliais são encapsuladas por filamentos da proteína *queratina*. Como resultado, as lâminas superficiais são resistentes a forças mecânicas e impermeáveis, e o epitélio é dito **queratinizado**. Um epitélio escamoso estratificado **não-queratinizado** oferece resistência à abrasão, mas seca e deteriora se não for constantemente umidificado. Epitélios escamosos estratificados não-queratinizados são encontrados revestindo a cavidade oral, a faringe, o esôfago, o reto, o canal anal e a vagina.

Epitélio cubóide [Figura 3.5]

As células de um **epitélio cubóide** se assemelham a pequenas caixas hexagonais; elas parecem quadrados em secções típicas. Cada núcleo encontra-se próximo ao centro da célula, com a distância entre os núcleos adjacentes aproximadamente igual à altura do epitélio. **Epitélios cubóides simples** oferecem proteção limitada e são observados em regiões onde ocorre secreção ou absorção de substâncias. Este tipo de epitélio reveste porções dos túbulos renais, como se observa na Figura 3.5a. No pâncreas e nas glândulas salivares, o epitélio cubóide simples secreta enzimas e tampões, e reveste os ductos que liberam estas secreções. A glândula tireóide contém câmaras denominadas *folículos tireóideos* que são revestidos por um epitélio secretor cubóide. Hormônios tireóideos, especialmente a tireoxina (*tiroxina*), acumulam-se dentro de folículos antes de serem liberados na corrente sangüínea.

Os **epitélios cubóides estratificados** são relativamente raros; costumam ser encontrados ao longo dos ductos das glândulas sudoríferas (Figura 3.5b) e em ductos maiores de algumas glândulas exócrinas, como as glândulas mamárias.

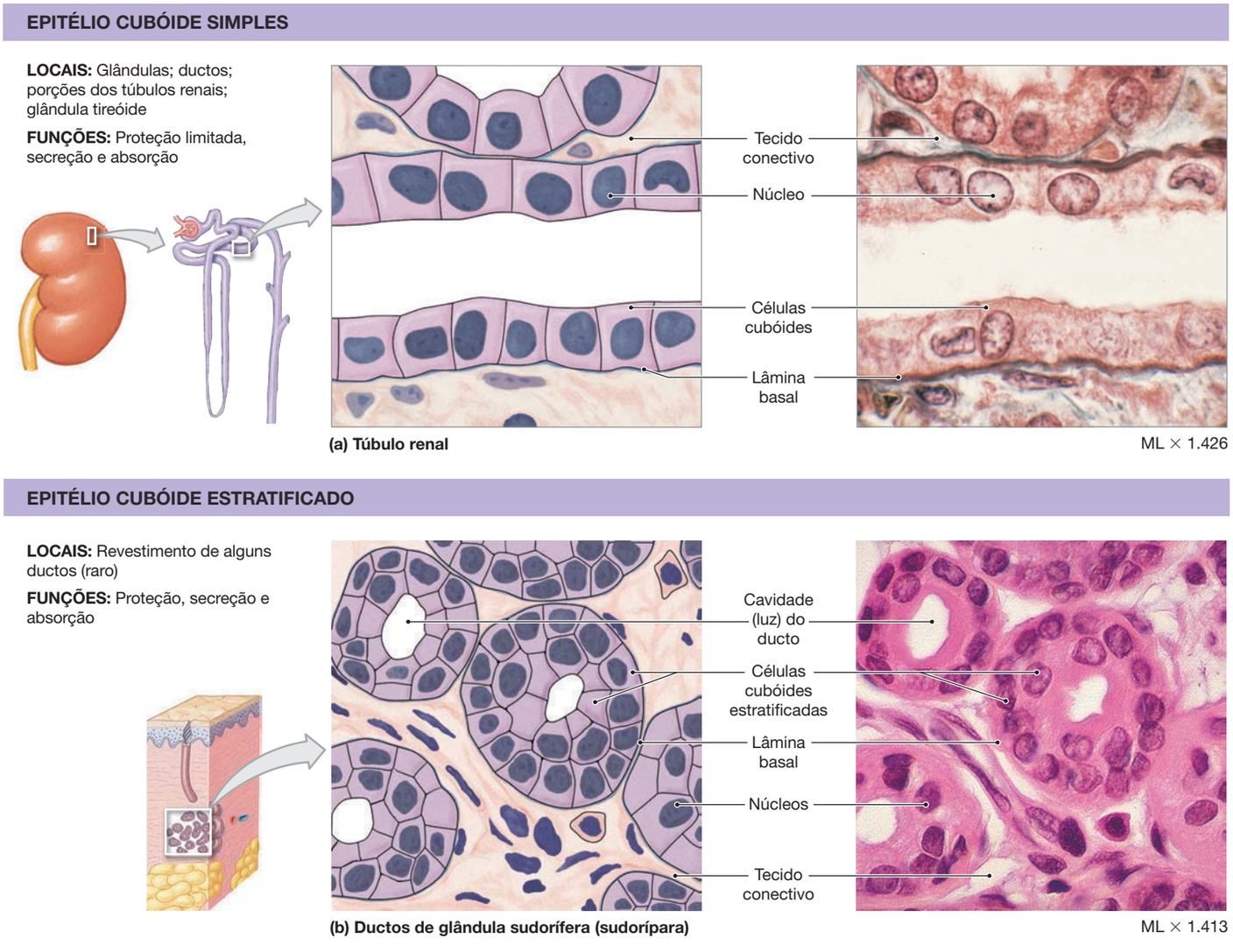


Figura 3.5 Histologia dos epitélios cubóides.
(a) Epitélio cubóide simples. Secção de epitélio cubóide simples revestindo um túbulo renal. A vista diagramática ressalta detalhes estruturais que permitem a classificação de um epitélio como cubóide. **(b)** Epitélio cubóide estratificado. Vista em secção do epitélio cubóide estratificado que reveste um ducto de glândula sudorífera na pele.

Epitélio colunar [Figura 3.6]

As células do **epitélio colunar**, da mesma forma que as células epiteliais cubóides, também são hexagonais nas secções transversais, mas, ao contrário das células cubóides, sua altura é bem maior em relação à sua largura. Os núcleos ficam concentrados em um banda estreita, próxima à lâmina basal, e a altura do epitélio é muitas vezes maior do que a distância entre dois núcleos (Figura 3.6a). O **epitélio colunar simples** oferece alguma proteção e pode também ser encontrado em áreas onde ocorrem absorção e secreção. Este tipo de epitélio reveste o estômago, o trato intestinal, as tubas uterinas e muitos ductos excretores.

O **epitélio colunar estratificado** é relativamente raro, oferecendo proteção ao longo de porções da faringe, da uretra e do canal anal, assim como ao longo de alguns poucos e grandes ductos excretores. Este epitélio pode ter duas camadas (Figura 3.6b) ou camadas múltiplas; quando existem camadas múltiplas, apenas as células superficiais apresentam a forma colunar clássica.

Epitélios de transição e pseudo-estratificado [Figura 3.7]

Duas formas especializadas de epitélio são encontradas revestindo as vias do sistema respiratório e os órgãos condutores ocos do sistema urinário.

Porções do trato respiratório contêm um epitélio colunar especializado, denominado **epitélio colunar pseudo-estratificado**, que inclui um mistura de tipos de células. Pelo fato de os seus núcleos estarem situados em distâncias variadas em relação à superfície, o epitélio parece ser estratificado, ou constituído por camadas. Pelo fato de todas as células repousarem sobre a lâmina basal, esse epitélio é, na verdade, um epitélio simples; portanto, é conhecido como epitélio colunar pseudo-estratificado. As células epiteliais expostas tipicamente apresentam cílios, motivo pelo qual este epitélio é freqüentemente denominado **epitélio colunar pseudo-estratificado ciliado** (Figura 3.7a). Este tipo de epitélio reveste a maior parte da cavidade nasal, traquéia, brônquios e também porções do trato genital masculino.

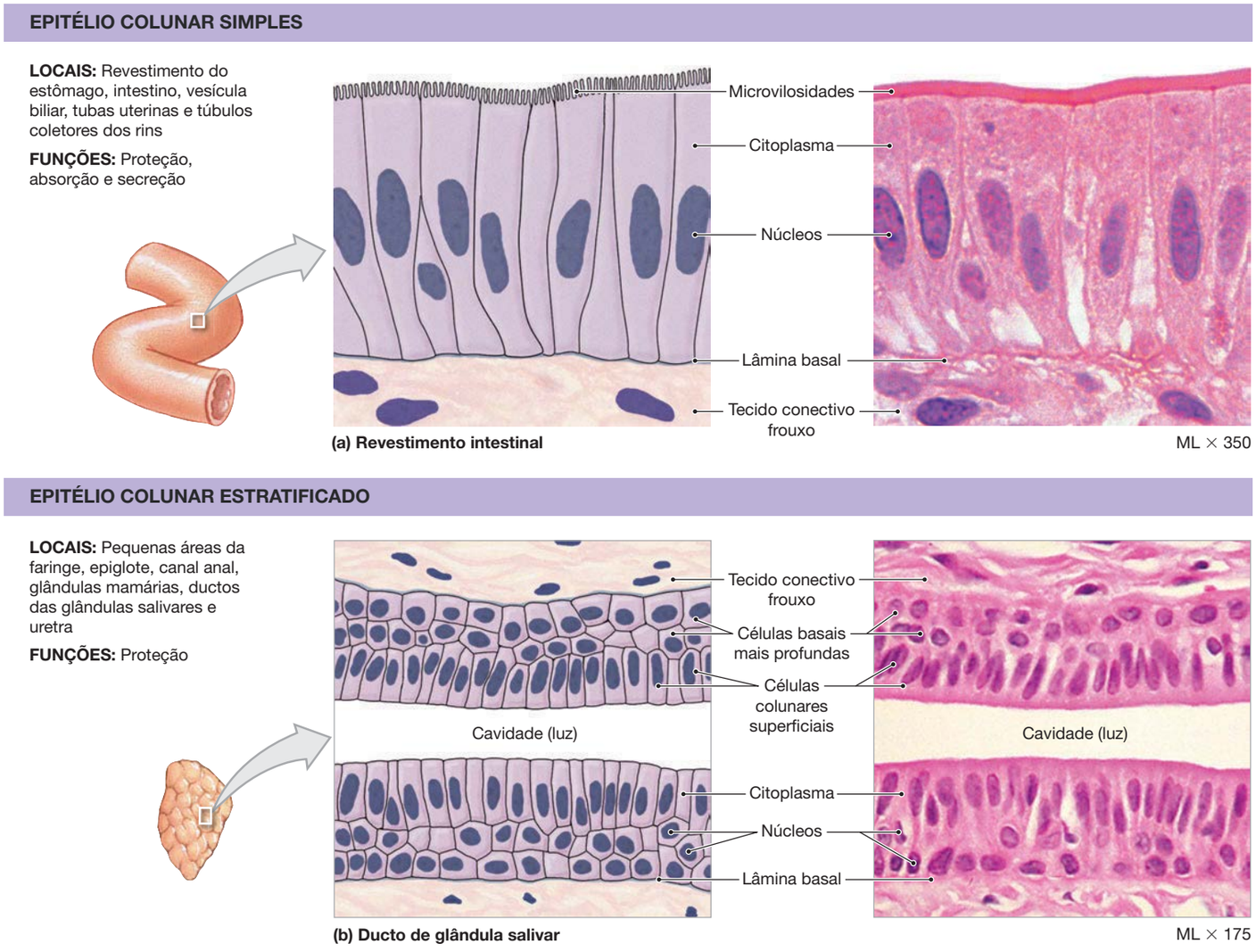


Figura 3.6 Histologia dos epitélios colunares.
(a) Epitélio colunar simples. Micrografia de luz mostrando as características de um epitélio colunar simples. No esquema diagramático, note as relações entre altura e largura de cada célula; o tamanho relativo, a forma e a localização dos núcleos; e a distância entre os núcleos adjacentes. Compare estas observações com as características correspondentes dos epitélios cubóides simples. **(b)** Epitélio colunar estratificado. O epitélio colunar estratificado é encontrado algumas vezes ao longo de grandes ductos, como o ducto da glândula salivar. Observe a altura total do epitélio e a localização e orientação dos núcleos.

Os **epitélios de transição**, mostrados na Figura 3.7b, revestem a pelve renal, os ureteres e a bexiga urinária. O epitélio de transição é estratificado, com características especiais que permitem sua distensão ou alongamento. Quando distendidos, os epitélios de transição assemelham-se a epitélios estratificados não-queratinizados, com duas ou três camadas. Em uma bexiga urinária vazia (Figura 3.7b), o epitélio parece ter muitas camadas, e as células mais externas são tipicamente cubóides e arredondadas. A constituição de um epitélio de transição permite-lhe considerável distensão sem danos às suas células integrantes.

Epitélios glandulares

Muitos epitélios contêm células glandulares que produzem secreções. As *glândulas exócrinas* liberam suas secreções sobre uma superfície epitelial. As glândulas exócrinas são classificadas pelo tipo de secreção liberada, pela estrutura da glândula e pelo modo de secreção. As glândulas exócrinas, que podem ser tanto unicelulares como multicelulares, secretam mucinas, enzimas, água e produtos residuais. Estas secreções são liberadas nas superfícies apicais de células glandulares individuais.

Glândulas endócrinas são glândulas sem ductos que liberam suas secreções diretamente no líquido intersticial, na linfa ou no sangue.

Tipos de secreção

Exócrina (*exo*, fora) é a secreção liberada na superfície da pele ou sobre uma superfície de revestimento epitelial que recobre uma via interna, que se comunica com o meio ambiente externo por meio de um **ducto** epitelial que desemboca na superfície da pele ou na superfície epitelial. Estes ductos podem liberar a secreção inalterada ou podem alterar a secreção por meio de vários mecanismos, como reabsorção, secreção ou

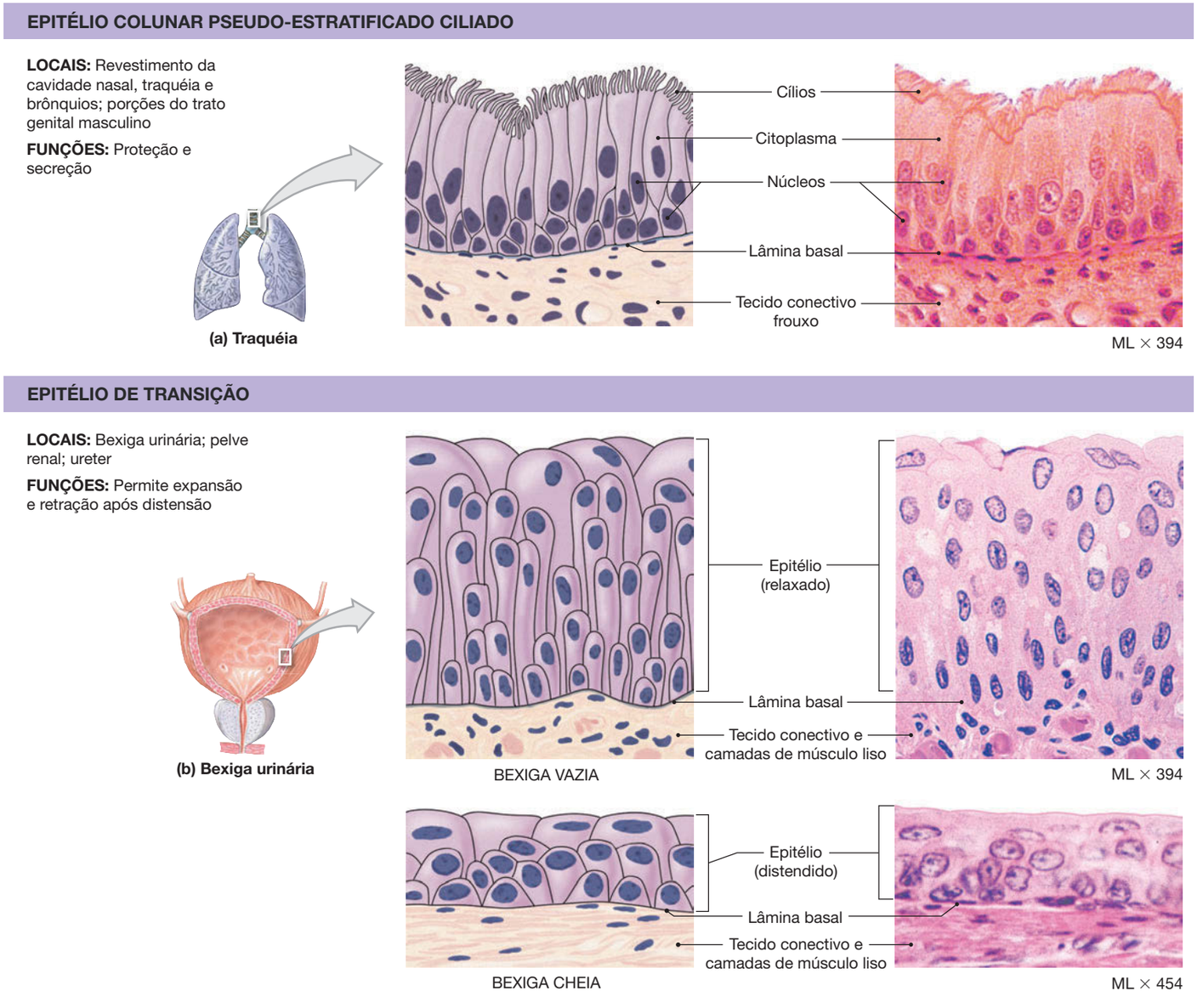


Figura 3.7 Histologia dos epitélios colunar pseudo-estratificado ciliado e de transição.
(a) Epitélio colunar pseudo-estratificado ciliado. Epitélio colunar pseudo-estratificado ciliado do trato respiratório. Note a disposição irregular dos núcleos em camadas. **(b)** Epitélio de transição. Vista em secção do epitélio de transição que reveste a bexiga urinária. Células de uma bexiga vazia encontram-se relaxadas, enquanto células que revestem uma bexiga urinária cheia mostram os efeitos do estiramento na disposição das células no epitélio.

contratransporte. Enzimas que entram no trato digestório, a perspiração da pele e o leite produzido pelas glândulas mamárias são exemplos de secreções exócrinas.

As glândulas exócrinas podem ser categorizadas de acordo com a natureza da secreção produzida:

- *Glândulas serosas* secretam uma solução aquosa que geralmente contém enzimas, como a amilase salivar (na saliva).
- *Glândulas mucosas* secretam glicoproteínas denominadas **mucinas** que absorvem água para formar um *muco* viscoso, como o muco da saliva.
- *Glândulas exócrinas mistas* contêm mais de um tipo de célula glandular e podem produzir dois tipos diferentes de secreções exócrinas: serosa e mucosa.

Endócrina (*endo*, dentro) é a secreção liberada por exocitose a partir de células glandulares dentro do líquido que circunda a célula. Estas secreções, denominadas **hormônios**, difundem-se para o sangue para serem distribuídas a outras regiões do corpo, onde regulam ou coordenam as atividades de vários tecidos, órgãos ou sistemas de órgãos. Células endócrinas, tecidos, órgãos e hormônios serão considerados em maior profundidade no Capítulo 19.

Estrutura glandular [Figuras 3.8/3.9]

Nos epitélios que contêm células glandulares dispersas, as células secretoras individuais são denominadas **glândulas unicelulares.** As **glândulas multicelulares** incluem epitélios glandulares e agregados de células glandulares que produzem secreções exócrinas ou endócrinas.

As **glândulas exócrinas unicelulares** secretam mucinas. Há dois tipos de glândulas unicelulares, *células caliciformes* e *células mucosas*, que são encontradas dispersas entre outras células epiteliais. Por exemplo, células mucosas são encontradas no epitélio colunar pseudo-estratificado ciliado que reveste a traquéia, enquanto o epitélio colunar dos intestinos grosso e delgado contém células caliciformes em abundância.

As **glândulas exócrinas multicelulares** mais simples são denominadas **lâminas secretoras**. Em uma lâmina secretora, células glandulares predominam no epitélio e liberam suas secreções em um compartimento interno (Figura 3.8a). As células secretoras de muco que revestem o estômago são um exemplo de lâmina secretora. Sua secreção contínua protege o estômago contra os ácidos e enzimas contidos neste órgão.

A maior parte das outras glândulas multicelulares é encontrada em bolsas localizadas atrás da superfície epitelial. A Figura 3.8b mostra um exemplo de uma glândula salivar que produz muco e enzimas digestivas.

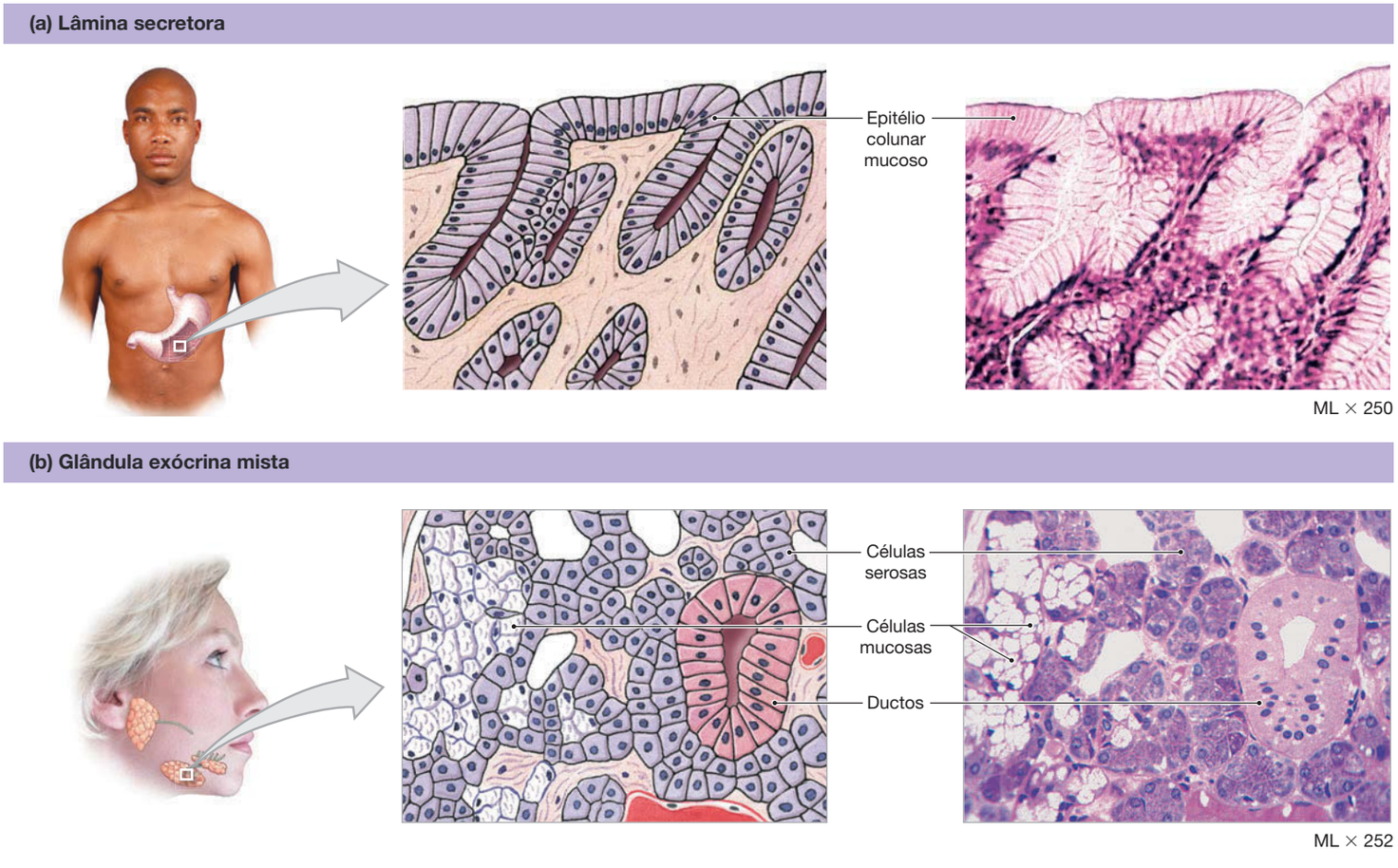


Figura 3.8 Histologia do epitélio glandular misto e da túnica mucosa.
(a) O revestimento interno do estômago é constituído por uma lâmina secretora cuja secreção protege as paredes contra os ácidos e enzimas. (Os ácidos e enzimas são produzidos por glândulas que liberam suas secreções na superfície epitelial da túnica mucosa.) **(b)** A glândula salivar submandibular é uma glândula mista contendo células que produzem secreções, tanto serosa quanto mucosa. As células mucosas apresentam grandes vesículas contendo mucinas e têm aparência pálida e espumosa. As células serosas secretam enzimas, e as proteínas coram-se intensamente.

Essas glândulas exócrinas multicelulares apresentam dois componentes epiteliais: uma porção glandular que produz a secreção e o ducto que conduz a secreção à superfície epitelial.

Duas características são utilizadas para descrever a organização das glândulas multicelulares: (1) a forma da porção secretora da glândula e (2) o padrão de ramificação do ducto.

1. Glândulas que são constituídas por células organizadas em tubos são denominadas **tubulares**; já as constituídas por células agrupadas em bolsas em fundo cego são denominadas **alveolares** (*alveolus*, saco) ou **acinares** (*acinus*, câmara). Glândulas que apresentam ambas as organizações combinadas são denominadas **tubuloalveolares** ou **tubuloacinares.**
2. Um ducto é denominado **simples** se ele não se ramifica e **composto** se ele se ramifica repetidas vezes. Cada área glandular pode apresentar seu próprio ducto; no caso de glândulas ramificadas, muitas glândulas compartilham ductos comuns.

A Figura 3.9 diagrama este método de classificação com base na estrutura glandular. Exemplos específicos de cada tipo de glândula serão discutidos em capítulos posteriores.

Modos de secreção [Figura 3.10]

Uma célula epitelial glandular pode dispor de um dos três seguintes métodos para liberação de suas secreções: *merócrino, apócrino* ou *holócrino.*

A **secreção merócrina** (*meros*, parte + *krinein*, separar), é o produto liberado por meio da exocitose (Figura 3.10a). Este é o modo mais comum de secreção. Por exemplo, células caliciformes liberam **muco** por meio de secreção merócrina. A **secreção apócrina** (*apo*, afastamento, separação) envolve a perda de citoplasma, assim como do produto secretado (Figura 3.10b). A porção apical do citoplasma torna-se encapsulada com vesículas secretoras antes de ser liberada. A produção de leite pelas glândulas mamárias envolve uma combinação de modos de secreção merócrina e apócrina.

Secreções merócrinas e apócrinas deixam o núcleo e o aparelho de Golgi da célula intactos, de forma que a célula pode executar reparos e continuar secretando. A **secreção holócrina** (*holos*, inteiro) destrói a célula glandular. Durante a secreção holócrina, a célula toda torna-se encapsulada com produtos secretados e então rompe-se (Figura 3.10c). A secreção é liberada e as células morrem. A produção de mais secreção depende da substituição das células destruídas por meio de divisão celular de células-tronco. Glândulas sebáceas associadas a folículos pilosos produzem revestimento ceruminoso por meio de secreção holócrina.

REVISÃO DOS CONCEITOS

1. Você examina um tecido sob o microscópio e observa um epitélio escamoso simples. A sua amostra pode ser proveniente da superfície da pele?

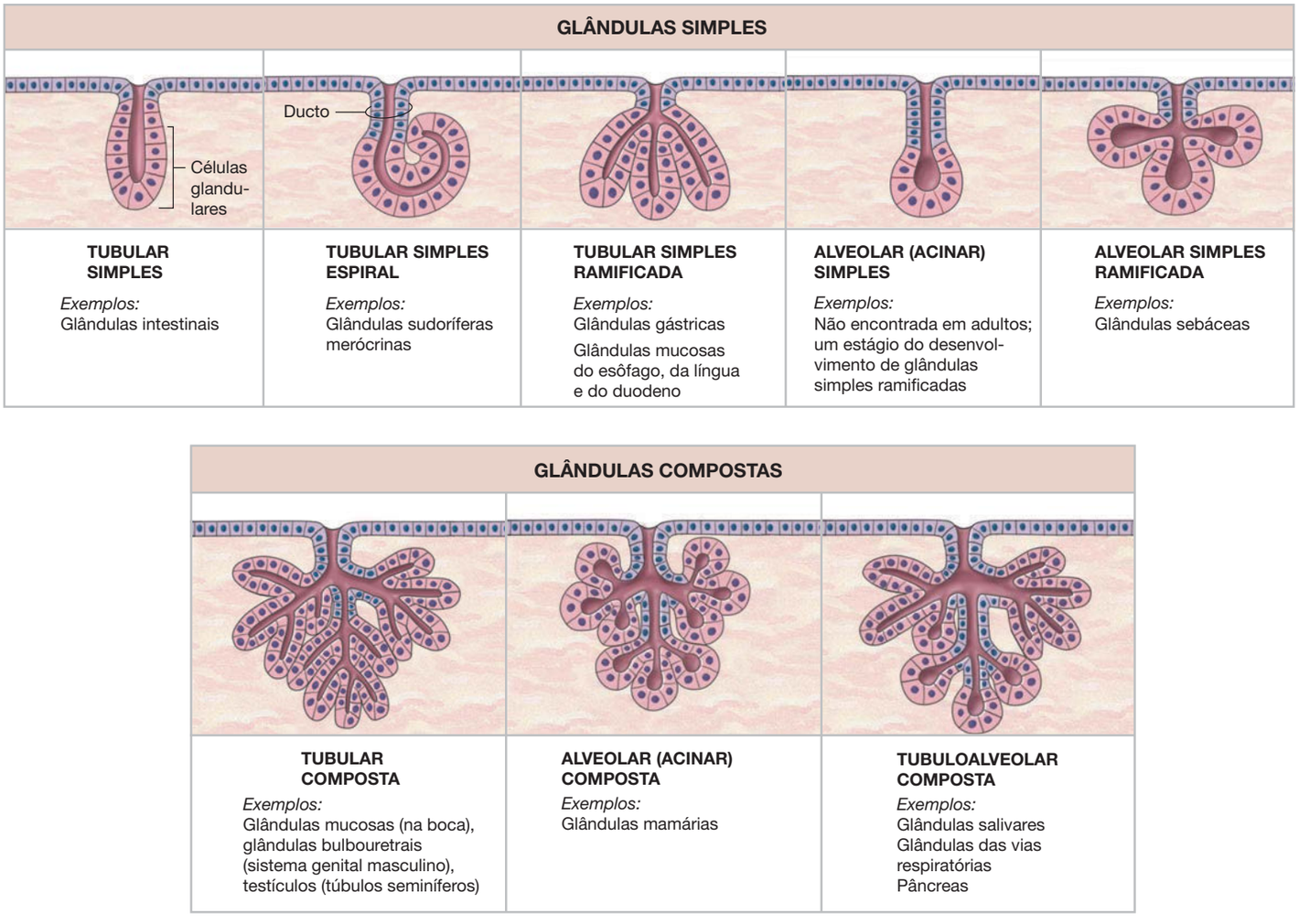


Figura 3.9 **Classificação estrutural de glândulas exócrinas simples e compostas.**

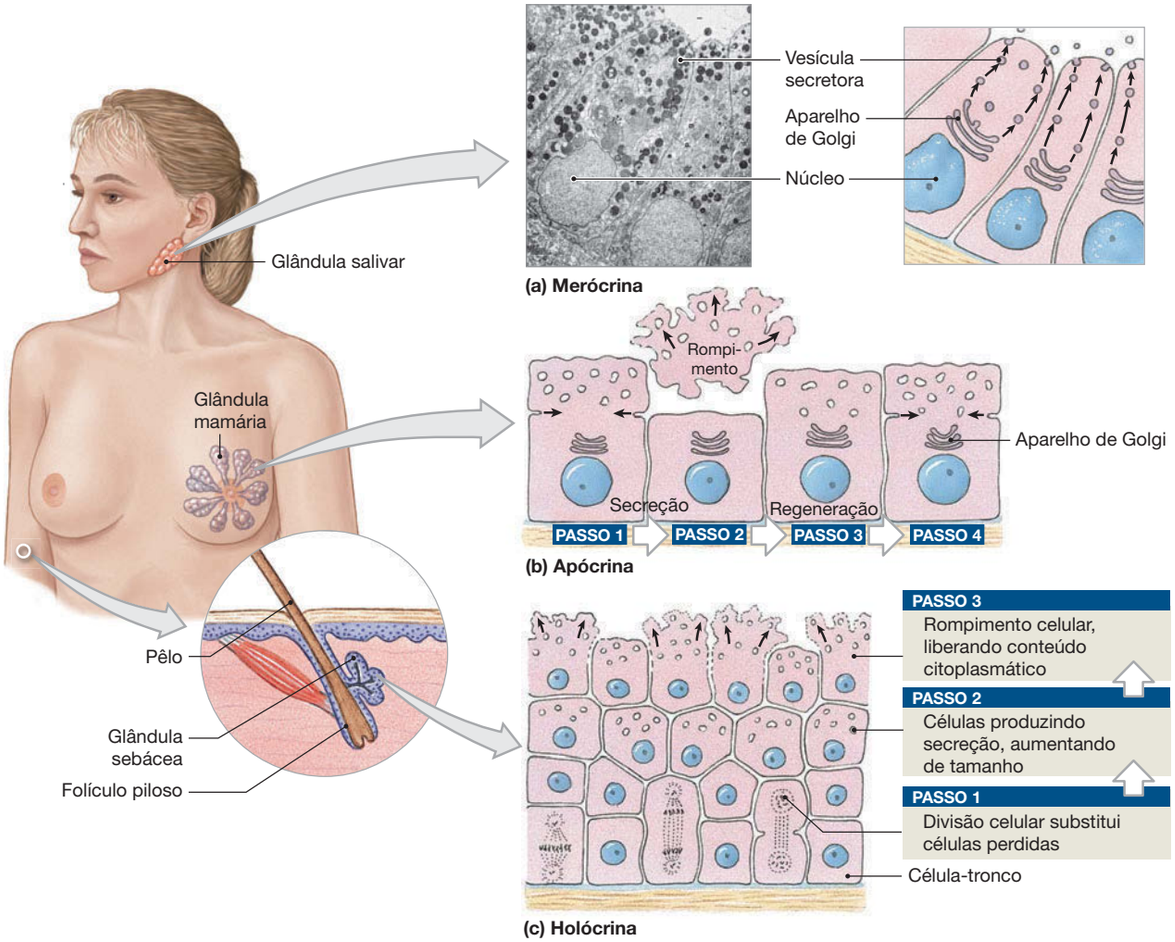


Figura 3.10 Mecanismos de secreção glandular.
Representação diagramática dos mecanismos de secreção glandular exócrina. **(a)** Na secreção merócrina, as vesículas secretoras são liberadas na superfície da célula glandular por exocitose. **(b)** A secreção apócrina envolve a perda de citoplasma. Inclusões, vesículas secretoras e outros componentes citoplasmáticos são liberados na superfície apical da célula. A célula glandular então passa por um período de crescimento e regeneração antes de liberar mais secreção. **(c)** A secreção holócrina ocorre conforme as células grandulares superficiais se rompem. A continuidade do processo de secreção envolve a substituição dessas células por divisão mitótica de células-tronco subjacentes.

2. Por que a regeneração do epitélio é necessária em uma glândula que libera seus produtos por secreção holócrina?
3. Glândulas ceruminosas no meato acústico externo liberam cerume por meio de secreção apócrina. O que ocorre neste modo de secreção?
4. Que funções estão associadas com o epitélio colunar simples?

Veja a seção de Respostas na parte final do livro.

Tecidos conectivos

Os tecidos conectivos são observados por todo o corpo, mas nunca estão expostos ao meio ambiente externo. Os tecidos conectivos incluem osso, gordura e sangue, tecidos bastante distintos tanto em aparência quanto em função. Entretanto, todos os tecidos conectivos apresentam três componentes básicos: (1) células especializadas, (2) fibras de proteína extracelulares e (3) um líquido, conhecido como **substância fundamental**. As fibras extracelulares e a substância fundamental constituem a **matriz** que circunda a célula. Ao contrário do tecido epitelial que consiste quase inteiramente em células, o tecido conectivo é constituído principalmente por matriz extracelular.

Os tecidos conectivos desempenham várias funções que vão muito além de simplesmente conectar as partes do corpo entre si. Essas funções incluem:

1. estabelecer uma estrutura de sustentação para o corpo;
2. transportar líquidos e materiais dissolvidos de uma região a outra do corpo;
3. oferecer proteção para os órgãos delicados;
4. sustentar, envolver e interconectar outros tipos de tecidos;
5. armazenar energia de reserva, especialmente em forma de lipídeos; e
6. defender o corpo contra a invasão de microrganismos.

Embora a maior parte dos tipos de tecidos conectivos apresente múltiplas funções, nenhum tecido conectivo desempenha todas essas funções simultaneamente.

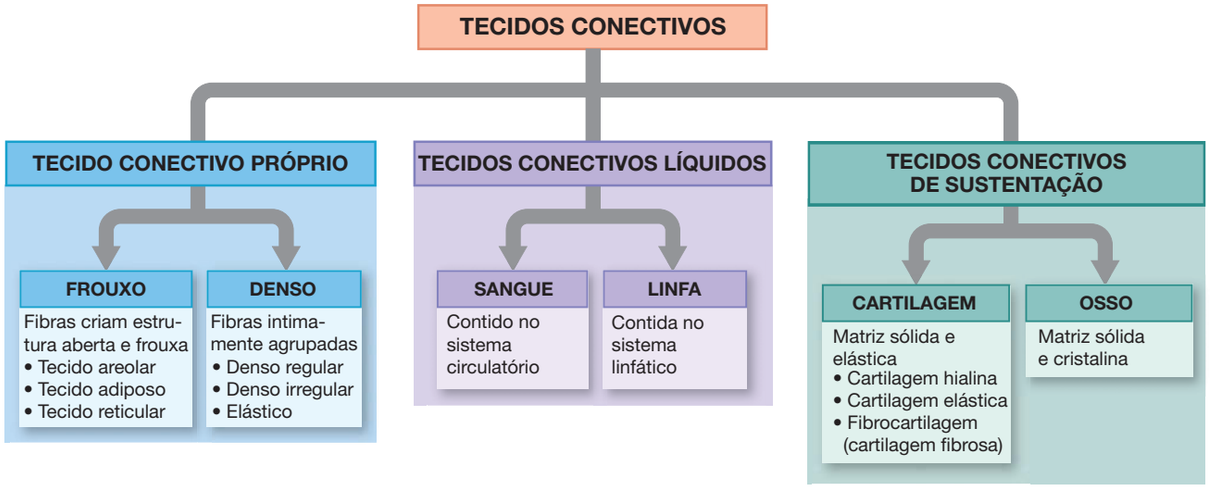


Figura 3.11 **Uma classificação dos tecidos conectivos.**

Classificação dos tecidos conectivos [Figura 3.11]

Os tecidos conectivos podem ser classificados em três categorias: (1) *tecido conectivo próprio*, (2) *tecidos conectivos líquidos* e (3) *tecidos conectivos de sustentação*. Essas categorias são apresentadas na **Figura 3.11**.

1. *Tecido conectivo próprio* refere-se ao tecido conectivo com muitos tipos de células e fibras extracelulares em uma substância fundamental viscosa. Esse tecido conectivo pode diferir quanto ao número de tipos de células que contém e às propriedades e proporções das fibras em relação à substância fundamental. *Tecido adiposo* (gordura), *ligamentos* e *tendões* apresentam grandes diferenças entre si, porém os três são exemplos de tecido conectivo próprio.
2. Os *tecidos conectivos líquidos* apresentam uma população específica de células suspensas em matriz aquosa que contém proteínas dissolvidas. Existem dois tipos de tecido conectivo líquido: *sangue* e *linfa*.
3. Os *tecidos conectivos de sustentação* apresentam menor diversidade em sua população de células do que se observa no tecido conectivo próprio e apresentam uma matriz que contém fibras intimamente agrupadas. Há dois tipos de tecidos conectivos de sustentação: *cartilagem* e *osso*. A matriz de cartilagem é um gel, cujas características variam dependendo do tipo de fibra predominante. A matriz do osso é dita **calcificada** porque contém depósitos minerais, predominantemente sais de cálcio. Esses minerais conferem resistência e rigidez ao osso.

Tecido conectivo próprio [Figura 3.12 e Tabela 3.1]

O **tecido conectivo próprio** contém fibras extracelulares, uma substância fundamental viscosa e duas classes de células. **Células fixas** são estacionárias e estão envolvidas principalmente no reparo, na manutenção local de tecidos danificados e no armazenamento de energia. **Células livres** relacionam-se principalmente com a defesa e o reparo de tecidos danificados. O número de células em um dado momento varia dependendo das condições locais. Acompanhe as descrições das células e fibras do tecido conectivo próprio na **Figura 3.12** e na Tabela 3.1.

Células de tecido conectivo próprio

Células fixas As células fixas incluem *células mesenquimais*, *fibroblastos*, *fibrócitos*, *macrófagos fixos*, *adipócitos* e, em alguns locais, *melanócitos*.

- *Células mesenquimais* são células-tronco presentes em muitos tecidos conectivos. Essas células respondem a agressões locais ou infecções, dividindo-se para produzir células-filhas que se diferenciam em fibroblastos, macrófagos ou outras células do tecido conectivo.
- *Fibroblastos* são um dos dois tipos mais abundantes de células fixas no tecido conectivo próprio e são as únicas células sempre presentes. Essas células delgadas ou *estelares* (em forma de estrela) são responsáveis pela produção de todas as fibras do tecido conectivo. Cada fibroblasto produz e secreta subunidades de proteína que interagem para formar grandes fibras extracelulares. Além disso, os fibroblastos secretam *hialuronano*, que confere a consistência viscosa à substância fundamental.
- *Fibrócitos* diferenciam-se a partir de fibroblastos e são o segundo tipo mais abundante de células fixas no tecido conectivo próprio. Estas células estelares mantêm as fibras de tecido conectivo próprio. Em função de sua lenta atividade de síntese, o citoplasma cora-se fracamente e apenas os núcleos são visíveis em preparações histológicas típicas.
- *Macrófagos fixos* (*phagein*, comer) são grandes células amebóides que se encontram dispersas entre as fibras. Essas células fagocitam células danificadas ou patógenos que entram no tecido. Apesar de não serem abundantes, desempenham um importante papel na mobilização das defesas do corpo. Quando estimuladas, essas células liberam substâncias químicas que ativam o sistema imunológico e atraem um grande número de células livres envolvidas nos mecanismos de defesa do corpo.
- *Adipócitos* são também conhecidos como células de gordura ou *células adiposas*. Um adipócito típico é uma célula fixa contendo uma única e enorme gota lipídica. O núcleo e outras organelas são confinados em um lado da célula, de forma que a aparência em secções é semelhante a de um "anel de formatura". O número de células adiposas varia de um tipo de tecido conectivo para outro, de uma região do corpo para outra e de indivíduo para indivíduo.
- *Melanócitos* sintetizam e armazenam um pigmento pardo, **melanina**, que confere ao tecido uma coloração escura. Os melanócitos são comuns no epitélio da pele, onde desempenham a principal função de determinar a cor da pele. Também são encontrados no tecido conectivo subjacente (a *derme*), apesar de sua distribuição apresentar grande variação por causa de fatores regionais, individuais e raciais. Os melanócitos são também abundantes em tecidos conectivos dos olhos.

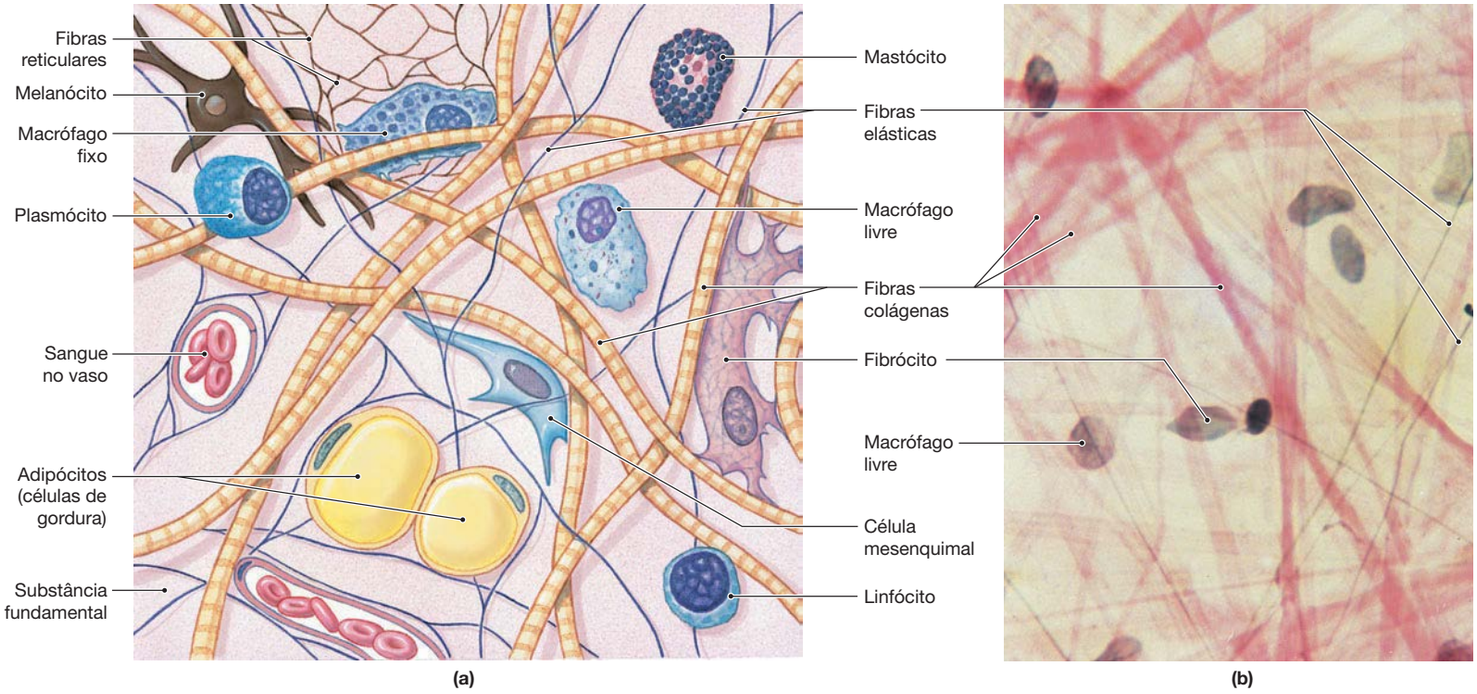


Figura 3.12 Histologia das células e fibras do tecido conectivo próprio.
(a) Representação diagramática das células e fibras no tecido areolar, o tipo mais comum de tecido conectivo próprio. **(b)** Micrografia de luz mostrando o tecido areolar que sustenta o mesotélio do peritônio. (ML x 502)

TABELA 3.1 Uma comparação de algumas funções de células fixas e células livres

Tipos de célula	Funções
CÉLULAS FIXAS	
Fibroblastos	Produzem fibras do tecido conectivo
Fibrócitos	Mantêm as fibras do tecido conectivo e a matriz
Macrófagos fixos	Fagocitam patógenos e células danificadas
Adipócitos	Armazenam lipídeos
Células mesenquimais	Células-tronco do tecido conectivo que podem se diferenciar em outros tipos de célula
Melanócitos	Sintetizam melanina
CÉLULAS LIVRES	
Macrófagos livres	Células fagocitárias migratórias/circulantes (derivadas de monócitos do sangue)
Mastócitos	Estimulam a inflamação local
Linfócitos	Participam da resposta imunológica
Neutrófilos e eosinófilos	Pequenas células fagocitárias do sangue que migram durante infecções ou em caso de lesões teciduais

Células livres *Macrófagos livres*, *mastócitos*, *linfócitos*, *plasmócitos*, *neutrófilos* e *eosinófilos* são células livres.

- *Macrófagos livres* são células fagocitárias relativamente grandes que circulam rapidamente nos tecidos conectivos do corpo. Quando circulam no sangue, essas células são chamadas de *monócitos*. Com efeito, os poucos macrófagos fixos em um tecido oferecem uma "linha de frente" de defesa que é reforçada pela chegada de macrófagos livres e outras células especializadas.
- *Mastócitos* são células pequenas e móveis do tecido conectivo, freqüentemente encontradas nas proximidades dos vasos sangüíneos. O citoplasma de um mastócito é repleto de grânulos secretores de **histamina** e **heparina**. Estes compostos químicos, que são liberados após algum tipo de lesão ou infecção, estimulam a inflamação local.
- *Os linfócitos*, assim como os macrófagos livres, migram pelo corpo. Sua quantidade aumenta marcadamente sempre que ocorre dano em algum tecido, e algumas destas células podem desenvolver-se para transformar-se em **plasmócitos** (células do plasma). Os plasmócitos são responsáveis pela produção de *anticorpos*, proteínas envolvidas na defesa do corpo contra doenças.
- *Neutrófilos* e *eosinófilos* são células sangüíneas fagocitárias, menores que os monócitos. Essas células migram através dos tecidos conectivos em menor número. Quando ocorre uma infecção ou lesão, substâncias químicas liberadas por macrófagos e mastócitos atraem neutrófilos e eosinófilos em maior número.

Fibras de tecido conectivo [Figuras 3.12/3.14/3.15]

Três tipos de fibras são encontrados no tecido conectivo: *fibras colágenas*, *fibras reticulares* e *fibras elásticas*. Os fibroblastos produzem os três tipos de fibras por meio da síntese e secreção de subunidades de proteína que se combinam ou se agregam dentro da matriz. Os fibrócitos são responsáveis pela manutenção dessas fibras no tecido conectivo.

1. *Fibras colágenas* são longas, retas e não-ramificadas (Figura 3.12). Estas são as fibras mais comuns e as mais fortes dentre as fibras do tecido conectivo próprio. Cada fibra colágena consiste em três subunidades de proteínas fibrosas mantidas juntas como os fios de uma corda; como uma corda, uma fibra colágena é flexível porém muito resistente quando tracionada por suas extremidades. Este tipo de força aplicada é denominado *tensão*, e a capacidade de resistir à tensão é denominada *resistência tensora*. **Tendões** (Figura 3.15a, pág. 67) são

compostos quase inteiramente de fibras colágenas; eles fixam músculos esqueléticos aos ossos. **Ligamentos** típicos são semelhantes a tendões, porém conectam um osso a outro. O alinhamento paralelo das fibras colágenas nos tendões e ligamentos permite que eles resistam a forças intensas; contrações musculares ou movimentos esqueléticos não controlados podem, com maior probabilidade, quebrar um osso do que romper um tendão ou ligamento.

2. *Fibras reticulares* (*reticulum*, rede) contêm as mesmas subunidades de proteína das fibras colágenas, mas as subunidades interagem de maneira diferente. As fibras reticulares são mais finas do que as fibras colágenas e formam uma estrutura de ramificações, entrelaçada, que é resistente porém flexível. Essas fibras são especialmente abundantes em órgãos como o baço e o fígado, onde criam uma rede tridimensional complexa, ou *estroma*, que sustenta o *parênquima*, ou células funcionais distintas, desses órgãos (**Figuras 3.12a** e **3.14c**). Por formarem uma rede, em vez de estarem dispostas em um mesmo alinhamento, as fibras reticulares podem resistir a forças aplicadas a partir de diferentes direções. Assim, elas são capazes de estabilizar as posições relativas das células do órgão, dos vasos sangüíneos e dos nervos apesar das mudanças de posição e da ação da gravidade.
3. *Fibras elásticas* contêm a proteína *elastina*. As fibras elásticas são ramificadas e onduladas; sob distensão, aumentam cerca de 150% de seu comprimento em repouso e, em seguida, retornam às suas dimensões originais. **Ligamentos elásticos** contêm mais fibras elásticas do que fibras colágenas. São relativamente raros, mas são encontrados em áreas que demandam mais elasticidade, como as regiões de interconexão de vértebras adjacentes (**Figura 3.15b**, pág. 67).

Substância fundamental [Figura 3.12a]

Os componentes celulares e fibrosos dos tecidos conectivos são envoltos por uma solução conhecida como substância fundamental (**Figura 3.12a**). A substância fundamental no tecido conectivo próprio normal é clara, incolor e de consistência viscosa. Além do hialuronano, a substância fundamental contém uma mistura de vários proteoglicanos e glicoproteínas que interagem para determinar sua consistência.

O tecido conectivo próprio pode ser dividido em *tecido conectivo frouxo* e *tecido conectivo denso* dependendo da proporção relativa entre células, fibras e substância fundamental.

Tecidos embrionários [Figura 3.13]

O **mesênquima** é o primeiro tecido conectivo a surgir no embrião em desenvolvimento. O mesênquima contém células em forma de estrela que são separadas por uma matriz que contém filamentos muito finos de proteína. Esse tecido conectivo (**Figura 3.13a**) dá origem a todos os outros tecidos conectivos, inclusive tecidos conectivos líquidos, cartilagem e osso. O **tecido conectivo mucoso**, ou *gelatina de Wharton* (**Figura 3.13b**), é um tecido conectivo frouxo observado em muitas regiões do embrião, incluindo o cordão umbilical.

Nenhum desses tecidos conectivos embrionários é observado no adulto. Entretanto, muitos tecidos conectivos adultos contêm células mesenquimais (células-tronco) dispersas que contribuem na reparação de tecido conectivo danificado.

Tecidos conectivos frouxos

Tecidos conectivos frouxos são o "material de invólucro" do corpo. Esses tecidos preenchem os espaços entre os órgãos, propiciam amortecimento e sustentam o epitélio. O tecido conectivo frouxo também envolve e sustenta os vasos sangüíneos e nervos, armazena lipídeos e oferece uma rota para a difusão de materiais. Existem três tipos de tecidos conectivos frouxos: *tecido areolar*, *tecido adiposo* e *tecido reticular*.

Tecido areolar [Figura 3.14a] O tecido conectivo menos especializado no corpo do adulto é o **tecido areolar** (*areola*, um pequeno espaço). Este tecido, mostrado na **Figura 3.14a**, contém todas as células e fibras encontradas em qualquer tecido conectivo próprio. O tecido areolar apresenta uma estrutura aberta, e a maior parte de seu volume é composta de substância fundamental. Este líquido viscoso amortece impactos e, uma vez

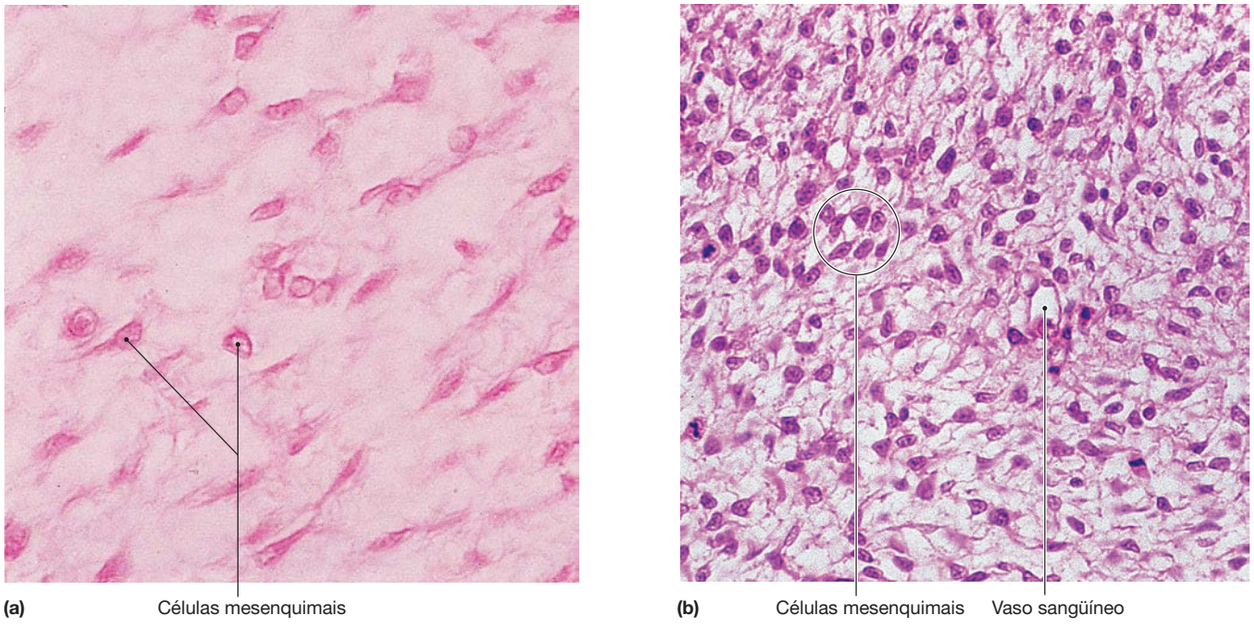
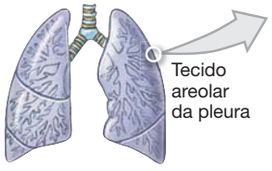


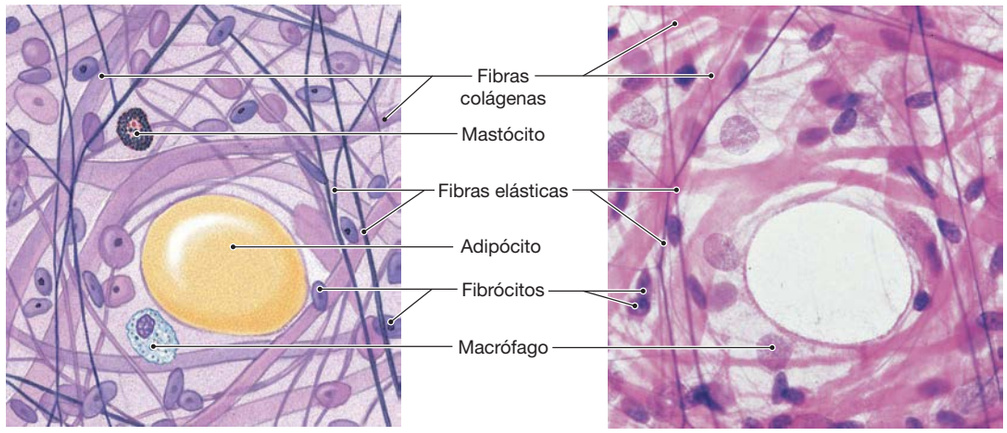
Figura 3.13 Histologia dos tecidos conectivos embrionários.
Estes tipos de tecido conectivo dão origem a todos os outros tipos de tecido conectivo. **(a)** Mesênquima. Este é o primeiro tecido conectivo a aparecer no embrião. (ML x 1.036) **(b)** Tecido conectivo mucoso *(gelatina de Wharton)*. Esta amostra foi retirada do cordão umbilical de um feto. (ML x 650)

TECIDO AREOLAR

LOCAIS: No interior e na profundidade da derme da pele e recoberto por revestimento epitelial dos tratos digestório, respiratório e urinário; entre os músculos; em torno dos vasos sangüíneos, nervos e ao redor das articulações

FUNÇÕES: Amortece os órgãos; confere sustentação mas permite movimento independente; células fagocitárias oferecem defesa contra patógenos



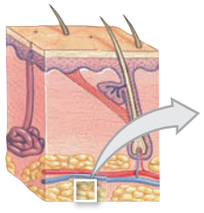


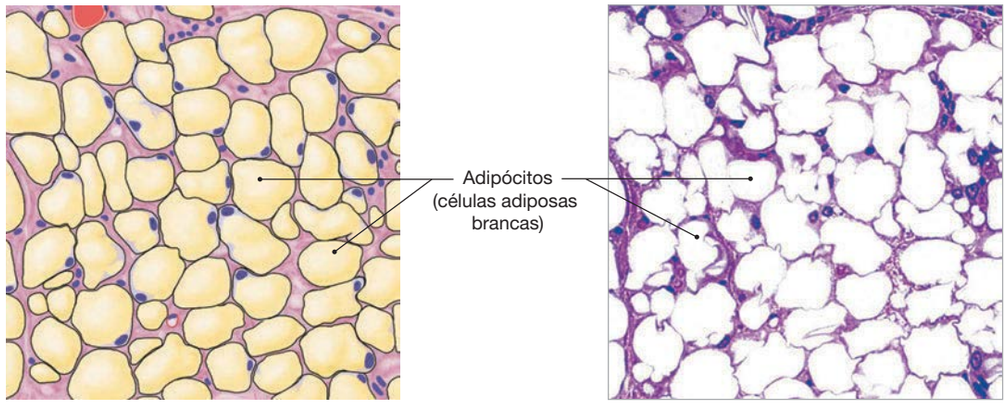
(a) Tecido areolar ML × 380

TECIDO ADIPOSO

LOCAIS: Na profundidade da pele, especialmente nas regiões laterais do quadril, nádegas e mamas; amortecimento ao redor dos olhos e rins

FUNÇÕES: Propicia amortecimento contra impactos; realiza isolamento térmico (reduz a perda de calor); armazena energia



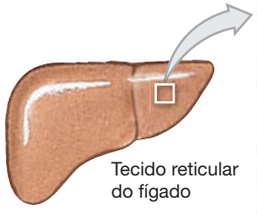


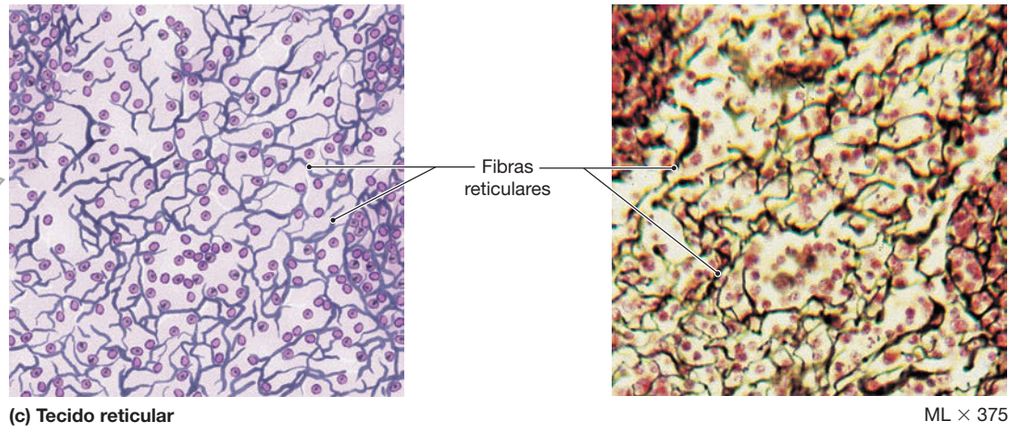
(b) Tecido adiposo ML × 133

TECIDO RETICULAR

LOCAIS: Fígado, rim, baço, linfonodos e medula óssea

FUNÇÕES: Oferece estrutura de sustentação





(c) Tecido reticular ML × 375

Figura 3.14 Histologia dos tecidos conectivos frouxos.
Este é o material de invólucro do corpo, preenchendo espaços entre outras estruturas. **(a)** Tecido areolar. Note a estrutura aberta; todas as células do tecido conectivo próprio são encontradas no tecido areolar. **(b)** Tecido adiposo. Tecido adiposo em um tecido conectivo frouxo dominado por adipócitos. Em secções histológicas típicas, as células parecem vazias porque as inclusões lipídicas dissolvem-se ao longo do processo de preparação das lâminas. **(c)** Tecido reticular. O tecido reticular consiste em uma estrutura aberta de fibras reticulares. A visualização dessas fibras é geralmente muito difícil por causa do grande número de células organizadas em torno delas.

que as fibras são organizadas de modo frouxo, o tecido areolar pode ser deformado sem que seja danificado. A presença de fibras elásticas imprime uma característica resiliente, de modo que esse tecido tende a retornar à sua forma original após o alívio de pressões externas.

O tecido areolar forma uma camada que separa a pele das estruturas profundas. Além de propiciar amortecimento, as propriedades elásticas dessa camada permitem um considerável movimento independente. Assim, beliscar a pele do braço não afeta o músculo subjacente. Da mesma forma, contrações dos músculos subjacentes não puxam a pele – o tecido areolar se distende acompanhando o abaulamento do músculo. Devido ao fato de que esse tecido apresenta uma extensa vascularização, drogas injetadas dentro da tela subcutânea de tecido areolar são rapidamente absorvidas pela corrente sangüínea.

Além de conduzir oxigênio e nutrientes e remover dióxido de carbono e produtos residuais, os capilares (os menores vasos sangüíneos) no tecido areolar transportam células livres para e deste tecido. Os epitélios normalmente recobrem uma camada de tecido areolar, e os fibrócitos são responsáveis pela manutenção da lâmina densa da lâmina basal. As células epiteliais dependem da difusão através da lâmina basal e dos capilares subjacentes ao tecido conectivo, que oferecem os nutrientes e o oxigênio necessários.

Tecido adiposo [Figura 3.14b] Adipócitos são encontrados em quase todas as formas de tecidos conectivos areolares. Em muitos locais, os adipócitos podem tornar-se tão abundantes que chegam a descaracterizar a aparência do tecido conectivo areolar normal. Este passa então a ser chamado de **tecido adiposo**. No tecido conectivo areolar, a maior parte do volume é constituída por líquidos intercelulares e fibras. No tecido adiposo, a maior parte do volume tecidual é constituída por adipócitos agrupados, como uvas firmemente embrulhadas (Figura 3.14b).

Existem dois tipos de tecido adiposo, geralmente conhecidos como gordura branca e gordura marrom. A **gordura branca**, a mais comum no adulto, apresenta uma cor pálida amarelo-clara, quase branca. Os adipócitos (denominados *células adiposas brancas*) são relativamente inertes. Essas células contêm uma única grande gota lipídica e portanto são também denominadas *células adiposas uniloculares* (*uni*, um + *locular*, câmara). A gota lipídica ocupa a maior parte do citoplasma, comprimindo o núcleo e outras organelas em uma única região, de forma que a célula fica parecida com um "anel de formatura", em uma preparação histológica. O tecido adiposo branco oferece amortecimento contra impactos, age como isolante para lentificar a perda de calor por meio da pele e serve como invólucro, preenchendo espaços em torno das estruturas. O tecido adiposo branco é comum sob a pele da região inguinal, nas regiões laterais do quadril, nádegas e mamas. Também preenche a órbita ao redor dos olhos, envolve os rins e domina extensas áreas de tecido conectivo frouxo na cavidade abdominal e junto ao pericárdio.

A **gordura marrom** é mais abundante em bebês e crianças do que em adultos. A gordura é armazenada em numerosos vacúolos citoplasmáticos em *células adiposas marrons*, motivo pelo qual essas células são também denominadas *células adiposas multiloculares.* Este tecido é altamente vascularizado, e as células individuais contêm numerosas mitocôndrias, o que confere ao tecido uma coloração rica e intensa de onde é derivado o nome "gordura marrom". A gordura marrom é bioquimicamente muito ativa e importante nos mecanismos de regulação de temperatura em recém-nascidos e bebês. Ao nascimento, os mecanismos de regulação de temperatura corporal não são plenamente funcionais. A gordura marrom oferece um mecanismo para elevar rapidamente a temperatura corporal e é encontrada entre as escápulas, em torno do pescoço e possivelmente em outras regiões do segmento superior do corpo de recém-nascidos. As células de gordura marrom são inervadas por fibras autônomas simpáticas. Quando estes nervos são estimulados, a lipólise é acelerada na gordura marrom. A energia liberada por meio do catabolismo dos ácidos graxos irradia-se para os tecidos adjacentes em forma de calor. Esse calor rapidamente aquece o sangue que passa através da gordura marrom e é então distribuído ao longo do corpo. Dessa forma, uma criança pode acelerar em 100% a geração metabólica de calor muito rapidamente. Com o aumento da idade e do tamanho, a temperatura do corpo torna-se mais estável, de modo que a importância da gordura marrom diminui. Assim, adultos apresentam pouca ou mesmo nenhuma gordura marrom.

Nota clínica

Lipoaspiração Um método muito popular na batalha contra a obesidade é a lipoaspiração. Lipoaspiração é um procedimento cirúrgico para a remoção de tecido adiposo indesejado. O tecido adiposo é flexível mas não tão elástico quanto o tecido areolar, e seu rompimento é relativamente fácil. Na lipoaspiração, é feita uma pequena incisão na pele, seguida pela introdução de um tubo no tecido adiposo subjacente. A sucção é então realizada. Como o tecido adiposo lacera-se facilmente, pedaços de tecido contendo adipócitos, outras células, fibras e substância fundamental podem ser aspirados para fora do corpo. A lipoaspiração é a cirurgia estética mais freqüentemente realizada nos Estados Unidos, com uma estimativa de cerca de 400.000 procedimentos por ano desde 2003.

Esta prática tem recebido ampla cobertura jornalística, e muitas mídias de divulgação a têm exaltado como uma técnica fácil, segura e eficiente. Na realidade, a lipoaspiração nem sempre é fácil, pode ser perigosa e apresenta eficácia limitada. A densidade do tecido adiposo varia nas diferentes regiões do corpo e de indivíduo para indivíduo, de forma que a sucção através de um tubo nem sempre é fácil. Vasos sangüíneos são estirados e rasgados, podendo ocorrer intenso sangramento. Anestésicos precisam ser utilizados para o controle da dor, e a anestesia pode apresentar riscos; parada cardíaca, embolia pulmonar e problemas no equilíbrio dos líquidos podem ocorrer, com resultados fatais. O índice de mortalidade para este procedimento é de 1 para 5.000. Finalmente, o tecido adiposo pode se regenerar e a população de adipócitos se recupera ao longo do tempo. A única maneira de garantir que o tecido adiposo removido por meio da lipoaspiração não seja recuperado é a aquisição de um estilo de vida que inclua uma dieta apropriada e práticas de atividade física adequada. Ao longo do tempo, esse estilo de vida pode produzir a mesma perda de peso, *sem a lipoaspiração*, eliminando-se assim as despesas e os riscos envolvidos na cirurgia.

Tecido reticular [Figura 3.14c] O tecido conectivo composto de fibras reticulares, macrófagos, fibroblastos e fibrócitos é denominado **tecido reticular** (Figura 3.14c). As fibras do tecido reticular formam o estroma do fígado, do baço, dos linfonodos e da medula óssea. Os macrófagos fixos, fibroblastos e fibrócitos do tecido reticular são raramente visíveis porque são numericamente superados, em muito, por células do parênquima destes órgãos.

Tecidos conectivos densos

A maior parte do volume dos **tecidos conectivos densos** é ocupada por fibras. Tecidos conectivos densos são freqüentemente chamados de **tecidos colágenos** em função do predomínio das fibras colágenas. Dois tipos de tecido conectivo denso são encontrados no corpo: (1) *tecido conectivo denso regular* e (2) *tecido conectivo denso irregular.*

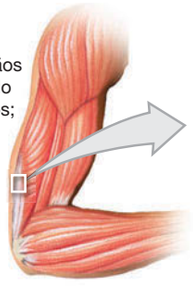
Tecido conectivo denso regular [Figuras 3.7b/3.15a,b] No tecido conectivo denso regular, as fibras colágenas são mantidas intimamente agrupadas e alinhadas paralelamente às forças aplicadas. Quatro principais exemplos deste tipo de tecido são *tendões, aponeuroses, tecido elástico* e *ligamentos.*

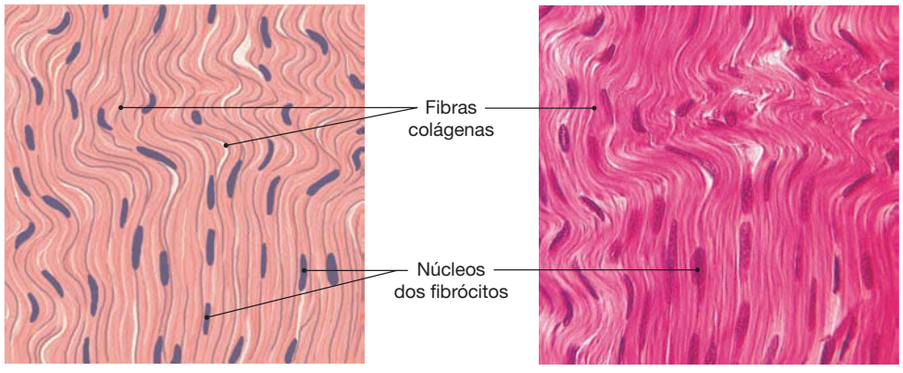
1. *Tendões* (Figura 3.15a) são cordões de tecido conectivo denso regular que fixam (inserção) os músculos estriados esqueléticos aos ossos e

TECIDO CONECTIVO DENSO REGULAR

LOCAIS: Entre os músculos estriados esqueléticos e o esqueleto (tendões e aponeuroses); entre ossos ou estabilizando a posição de órgãos internos (ligamentos); recobrindo músculos estriados esqueléticos; fáscias musculares

FUNÇÕES: Fixa firmemente; transfere a força de tração dos músculos; reduz atrito entre músculos; estabiliza a posição relativa de ossos



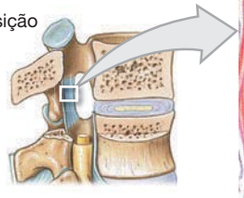


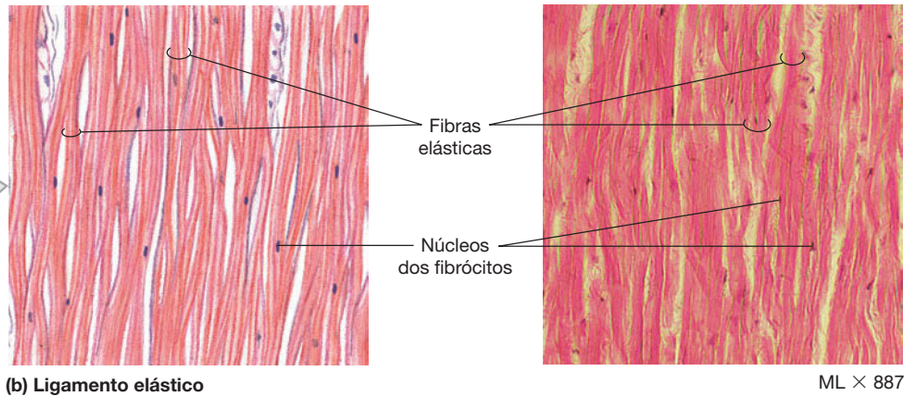
(a) Tendão ML × 440

TECIDO ELÁSTICO

LOCAIS: Entre as vértebras da coluna vertebral (ligamento amarelo e ligamento nucal); ligamento de sustentação do pênis; ligamento de sustentação do epitélio de transição; nas paredes dos vasos sangüíneos

FUNÇÕES: Estabiliza a posição das vértebras e do pênis; amortece contra impacto; permite expansão e retração de órgãos



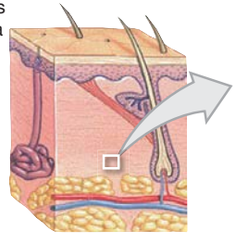


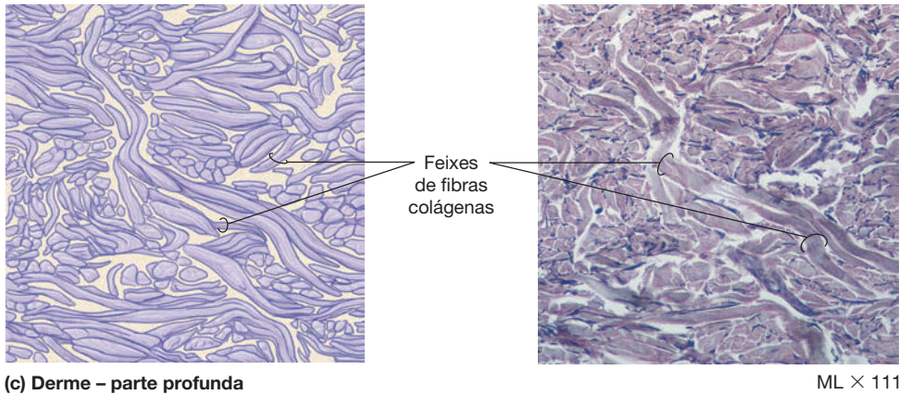
(b) Ligamento elástico ML × 887

TECIDO CONECTIVO DENSO IRREGULAR

LOCAIS: Cápsulas de vísceras; periósteo e pericôndrio; bainhas de músculos e nervos; derme

FUNÇÕES: Oferece resistência a forças aplicadas de várias direções; ajuda a prevenir a superexpansão de órgãos como a bexiga urinária





(c) Derme – parte profunda ML × 111

Figura 3.15 Histologia dos tecidos conectivos densos.
(a) Tecido conectivo denso regular. Tendão. O tecido conectivo denso regular em um tendão consiste em feixes paralelos de fibras colágenas intimamente agrupadas. Os núcleos dos fibrócitos podem ser vistos achatados entre os feixes. A maior parte dos ligamentos assemelha-se a tendões nas suas organizações histológicas. **(b)** Tecido conectivo denso regular. Ligamento elástico. Ligamentos elásticos estendem-se entre as vértebras da coluna vertebral. Os feixes de fibras elásticas são mais planos do que os feixes de fibras colágenas de um tendão ou ligamento típico. **(c)** Tecido conectivo denso irregular. A porção profunda da derme da pele consiste em uma camada espessa de fibras colágenas emaranhadas e orientadas em várias direções.

às cartilagens. As fibras colágenas fazem um trajeto ao longo do eixo longitudinal do tendão e transferem a força de tração da contração muscular para o osso ou a cartilagem. Um grande número de fibrócitos é encontrado entre as fibras colágenas.

2. *Aponeuroses* são lâminas ou fitas colágenas que podem ser consideradas como tendões planos e largos. As aponeuroses podem cobrir a superfície de um músculo e auxiliam a fixação de músculos superficiais a outro músculo ou estrutura.
3. O *tecido elástico* contém grande quantidade de fibras elásticas. Uma vez que as fibras elásticas superam numericamente as fibras colágenas, o tecido apresenta uma natureza elástica, resiliente. Esta capacidade de estiramento e de retorno à forma original confere a esse tecido uma tolerância a ciclos de expansão e retração. Tecido elástico é freqüentemente observado subjacente a epitélios de transição (Figura 3.7b, pág. 58); também é encontrado nas paredes dos vasos sangüíneos e envolvendo as vias respiratórias.
4. Os *ligamentos* assemelham-se a tendões, mas em geral conectam um osso a outro. Os ligamentos geralmente contêm um número significativo de fibras elásticas, assim como de fibras colágenas, e podem tolerar uma pequena quantidade de estiramento. Uma proporção ainda mais elevada de fibras elásticas é observada em ligamentos elásticos, que se parecem com elásticos de borracha. Apesar de incomuns em outras regiões, os ligamentos elásticos ao longo da coluna vertebral são muito importantes para estabilizar o posicionamento das vértebras (Figura 3.15b).

Tecido conectivo denso irregular [Figura 3.15c] No **tecido conectivo denso irregular**, as fibras formam uma rede emaranhada e não apresentam qualquer padrão consistente (Figura 3.15c). Esse tecido confere resistência e sustentação a áreas sujeitas a forças de diferentes direções. Uma camada de tecido conectivo denso irregular, a *derme*, oferece resistência à pele; uma peça de couro curtido (a derme da pele de um animal) é um excelente exemplo da característica emaranhada da estrutura desse tecido. Exceto nas articulações, o tecido conectivo denso irregular forma uma lâmina ao redor da cartilagem (o pericôndrio) e do osso (o periósteo). O tecido conectivo denso irregular também forma a **cápsula** fibrosa espessa que circunda os órgãos internos, como fígado, rins, baço, e delimita as cavidades articulares.

Tecidos conectivos líquidos [Figura 3.16]

Sangue e *linfa* são tecidos conectivos que contêm coleções diferenciadas de células em uma matriz líquida. A matriz aquosa de sangue e linfa contém células e muitos tipos de proteínas suspensas que não formam fibras insolúveis sob condições normais.

O **sangue** contém células sangüíneas e fragmentos de células coletivamente conhecidas como *elementos figurados* (Figura 3.16). Existem três tipos de elementos figurados: (1) células sangüíneas vermelhas, (2) células sangüíneas brancas e (3) plaquetas. Um único tipo de célula, a **célula vermelha**, ou **eritrócito** (*erythros*, vermelho), é responsável por quase metade do volume do sangue. As células vermelhas são responsáveis pelo transporte de oxigênio e, em menor grau, de dióxido de carbono no sangue. A matriz aquosa do sangue, denominada **plasma**, também contém uma pequena quantidade de **células brancas**, ou **leucócitos** (*leukos*, branco). As células brancas incluem *neutrófilos, eosinófilos, basófilos, linfócitos* e *monócitos*. As células brancas são componentes importantes do sistema imunológico, que protege o corpo contra infecções e doenças. Pequenas cápsulas de citoplasma, envoltas por membrana, as chamadas **plaquetas**, contêm enzimas e proteínas especiais. As plaquetas agem na resposta de coagulação, selando rupturas nas paredes dos vasos.

O líquido extracelular inclui três principais subdivisões: *plasma, líquido intersticial* e *linfa*. O *plasma* encontra-se normalmente confinado nos vasos do sistema circulatório, e as contrações do coração o mantêm em movimento. **Artérias** são vasos que transportam o sangue desde o coração até os delgados vasos, de paredes finas, denominados **capilares**. **Veias** são vasos que drenam os capilares e fazem o transporte de retorno do sangue até o coração, completando o circuito. Nos tecidos, a filtração movimenta água e pequenos solutos para fora dos capilares e para o líquido intersticial, que banha as células do corpo. A principal diferença entre o plasma e o líquido intersticial é que o plasma contém um grande número de proteínas em suspensão.

A **linfa** forma-se como líquido intersticial e então adentra os **vasos linfáticos**, pequenas passagens que a conduzem de volta ao sistema circulatório. Ao longo do trajeto, células do sistema imunológico monitoram a composição da linfa e respondem a sinais de lesão ou infecção. O número de células na linfa pode variar, mas em geral 99% delas são linfócitos. O restante são macrófagos fagocitários primários, eosinófilos e neutrófilos.

Tecidos conectivos de sustentação

Cartilagem e osso são denominados **tecidos conectivos de sustentação**, uma vez que constituem a forte estrutura que sustenta o restante do corpo. Nesses tecidos conectivos, a matriz contém numerosas fibras e, em alguns casos, depósitos de sais insolúveis de cálcio.

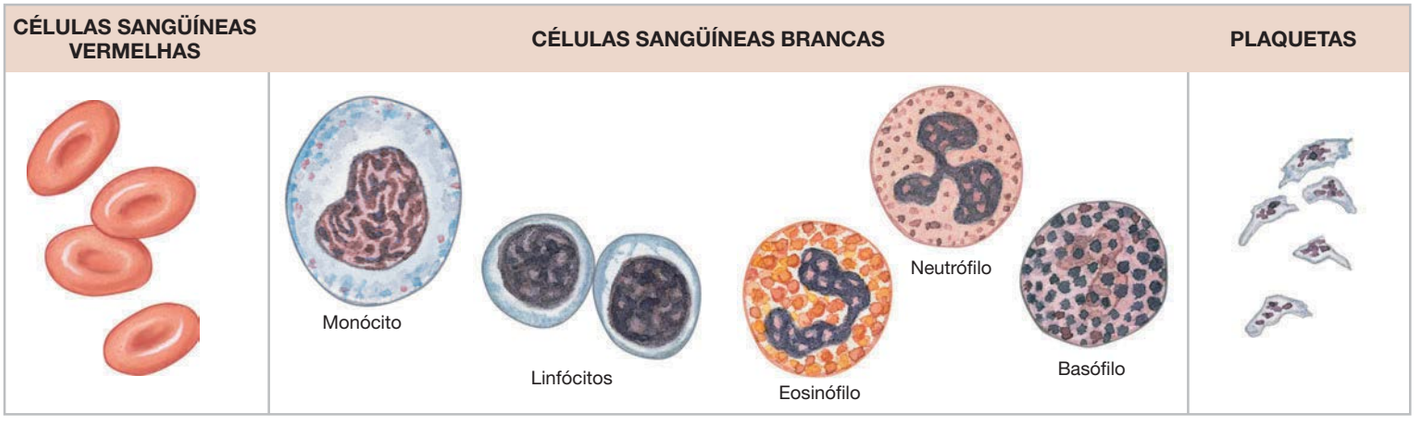


Figura 3.16 **Elementos figurados do sangue.**

Cartilagem [Figura 3.17]

A matriz da **cartilagem** é um gel firme que contém polissacarídeos complexos denominados **sulfatos de condroitina** (*chondros*, cartilagem). Os sulfatos de condroitina formam complexos com proteínas, constituindo proteoglicanos. Células cartilagíneas, ou **condrócitos**, são as únicas células encontradas dentro da matriz da cartilagem. Essas células vivem em pequenas câmaras conhecidas como **lacunas** (*lacus*, lago). As propriedades físicas da cartilagem dependem da natureza da matriz. As fibras colágenas conferem resistência à tensão, e as características combinadas das fibras extracelulares e da substância fundamental conferem flexibilidade e resiliência.

A cartilagem é avascular porque os condrócitos produzem uma substância química que inibe a formação de vasos sangüíneos. A troca de todos os nutrientes e resíduos é necessariamente realizada por difusão através da matriz. A cartilagem é geralmente separada dos tecidos circundantes pelo **pericôndrio** (*peri*, em torno) fibroso (Figura 3.17a). O pericôndrio contém duas camadas distintas: uma externa, *camada fibrosa* de tecido conectivo denso irregular, e uma interna, *camada celular*. A camada fibrosa confere sustentação mecânica e proteção, além de fixar a cartilagem a outras estruturas. A camada celular é importante para o crescimento e a manutenção da cartilagem.

A cartilagem cresce por meio de dois mecanismos (Figura 3.17b,c). No **crescimento aposicional**, células-tronco da camada interna do pericôndrio passam por repetidos ciclos de divisão celular. As células mais internas diferenciam-se em condroblastos, que começam a produzir matriz de cartilagem. Após estarem completamente circundados por matriz, os condroblastos diferenciam-se em condrócitos. Este mecanismo de crescimento gradualmente aumenta as dimensões da cartilagem por adição de matéria à sua superfície. Além disso, os condrócitos dentro da matriz de cartilagem podem passar por divisão, e suas células-filhas produzem mais matriz. Este ciclo aumenta a cartilagem a partir do seu interior, de modo semelhante ao que se observa ao se inflar um balão; este processo é denominado **crescimento intersticial.** Nem o crescimento intersticial nem o aposicional ocorrem em cartilagens adultas, e a maior parte das cartilagens não se regenera após uma lesão grave.

Nota clínica

Lesões de cartilagens e joelho O joelho é uma articulação sinovial extremamente complexa que contém tanto cartilagem hialina quanto fibrocartilagem. A cartilagem hialina reveste as superfícies ósseas (faces articulares), enquanto "amortecedores" de fibrocartilagem, dentro da articulação, evitam o contato direto osso a osso durante o movimento. Muitas lesões decorrentes de práticas esportivas envolvem a laceração dos amortecedores de fibrocartilagem ou dos ligamentos de sustentação; a perda da capacidade de sustentação e amortecimento sobrecarrega as cartilagens articulares hialinas, dentro das articulações, e agrava a lesão da articulação. Cartilagens articulares não são apenas avasculares, mas também não apresentam pericôndrio. Como resultado, elas se recuperam ainda mais lentamente em comparação com outras cartilagens. Tratamentos cirúrgicos geralmente resultam apenas em uma reparação temporária ou incompleta. Por essa razão, esportes mais competitivos apresentam regras estabelecidas para reduzir o número de lesões do joelho. Por exemplo, no futebol, o chamado "carrinho" é proibido porque pode causar lesão das fibrocartilagens e dos ligamentos de sustentação do joelho.

Avanços recentes em cultura de tecido têm permitido aos pesquisadores cultivar fibrocartilagens em laboratório. Condrócitos removidos de joelhos de pacientes que sofreram lesão são cultivados em uma estrutura artificial de fibras colágenas. Finalmente, produzem-se massas de fibrocartilagem que podem ser introduzidas nas articulações danificadas. Com o tempo, os "amortecedores" modificam seu formato e crescem, restabelecendo a função normal das articulações. Esta técnica de trabalho intenso tem sido utilizada no tratamento de lesões graves de articulação, particularmente em atletas.

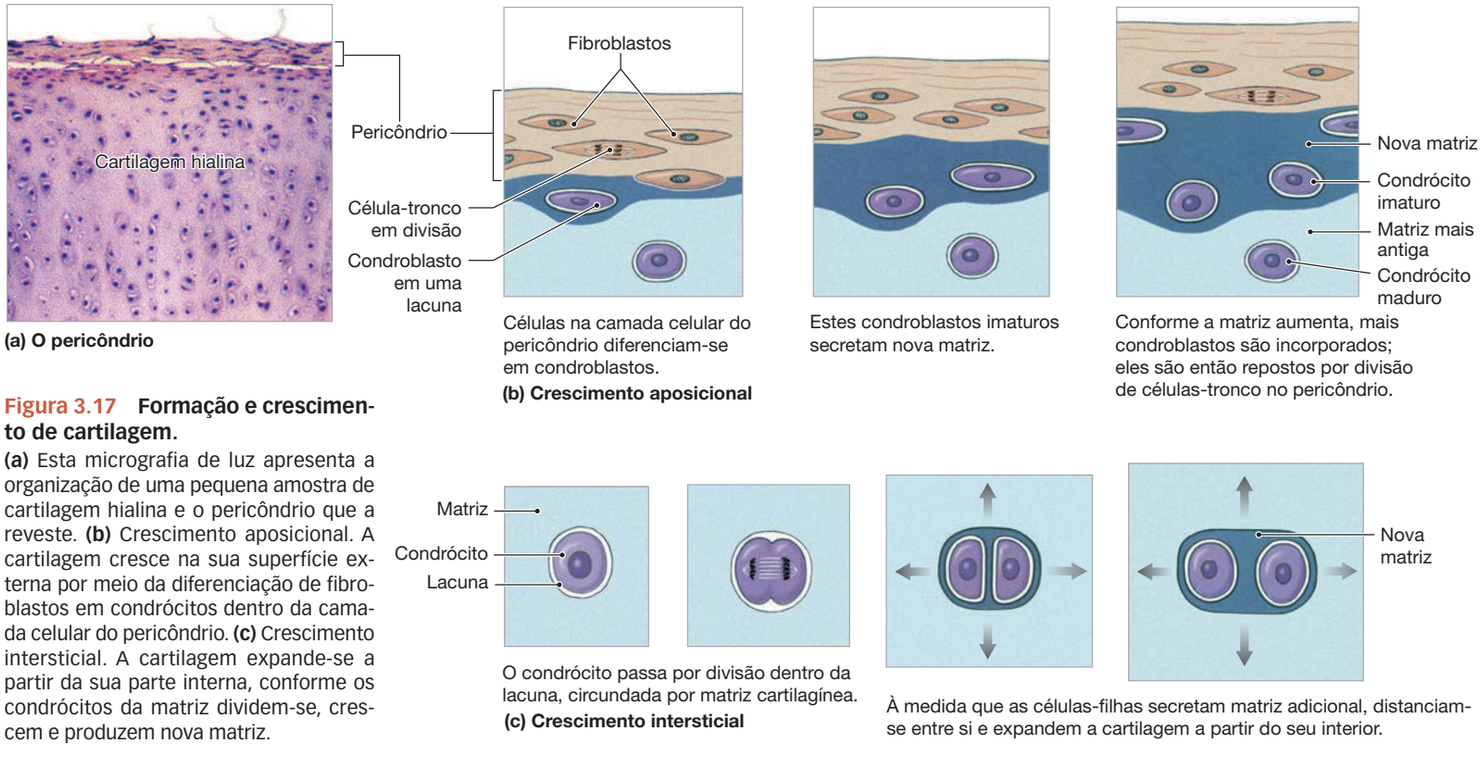
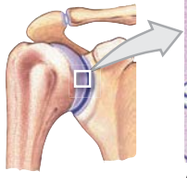


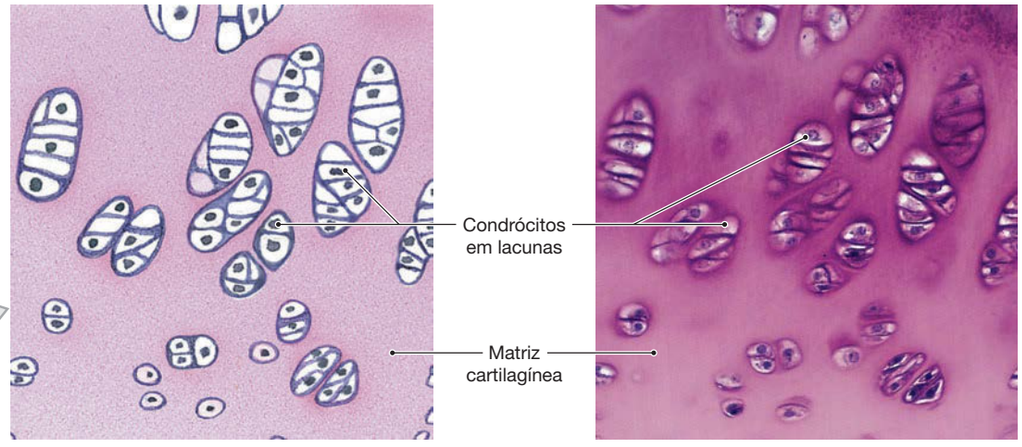
Figura 3.17 Formação e crescimento de cartilagem.
(a) Esta micrografia de luz apresenta a organização de uma pequena amostra de cartilagem hialina e o pericôndrio que a reveste. **(b)** Crescimento aposicional. A cartilagem cresce na sua superfície externa por meio da diferenciação de fibroblastos em condrócitos dentro da camada celular do pericôndrio. **(c)** Crescimento intersticial. A cartilagem expande-se a partir da sua parte interna, conforme os condrócitos da matriz dividem-se, crescem e produzem nova matriz.

CARTILAGEM HIALINA

LOCAIS: Entre as extremidades esternais das costelas e o esterno; recobrindo as faces articulares de ossos nas articulações sinoviais; constituindo a laringe, a traquéia e os brônquios; formando parte do septo nasal

FUNÇÕES: Oferece sustentação rígida e algo flexível; reduz atrito entre superfícies ósseas



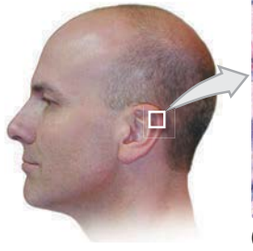


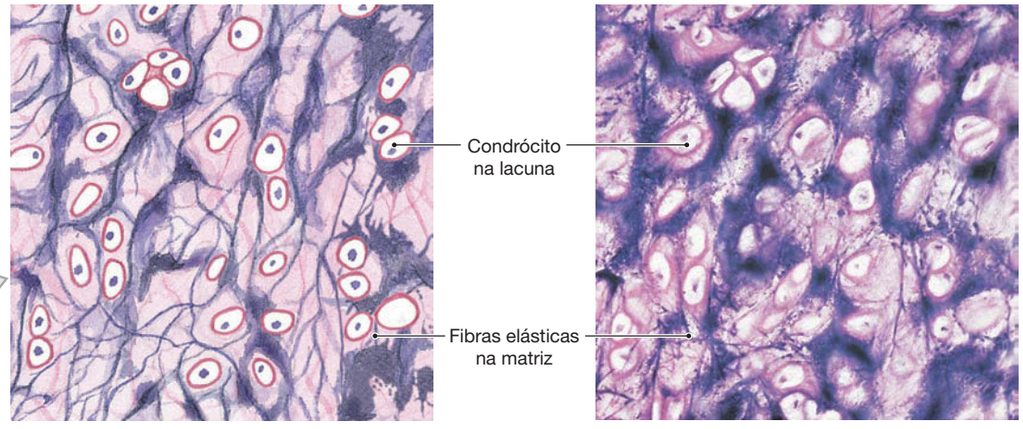
(a) Cartilagem hialina ML × 500

CARTILAGEM ELÁSTICA

LOCAIS: Orelha; epiglote; tuba auditiva; cartilagens cuneiformes da laringe

FUNÇÕES: Oferece sustentação, mas tolera torções sem causar danos, retornando à sua forma original



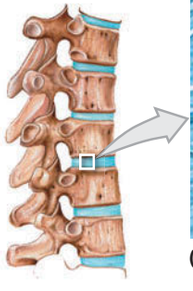


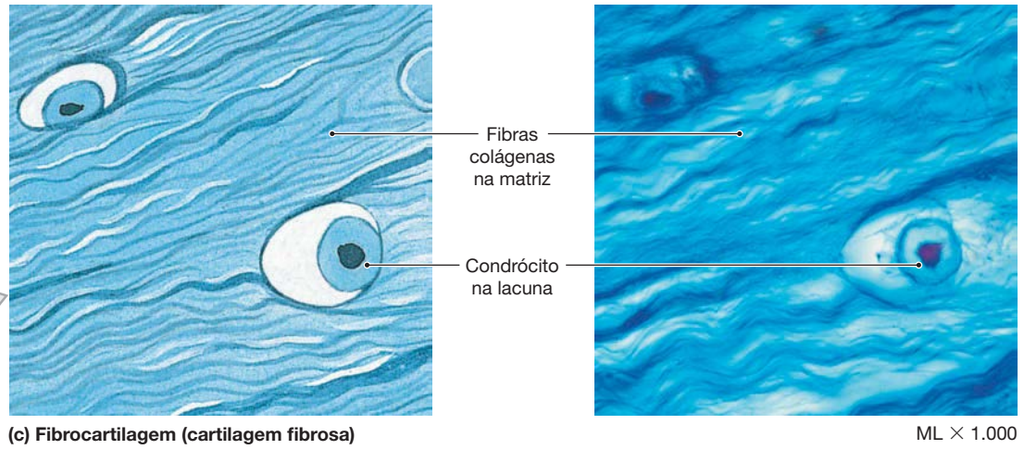
(b) Cartilagem elástica ML × 358

FIBROCARTILAGEM (CARTILAGEM FIBROSA)

LOCAIS: Amortecedores dentro da articulação do joelho; entre os ossos púbis do quadril; discos intervertebrais

FUNÇÕES: Resiste à compressão; previne contato direto osso a osso; limita o movimento relativo





(c) Fibrocartilagem (cartilagem fibrosa) ML × 1.000

Figura 3.18 Histologia dos três tipos de cartilagem.
Cartilagem é um tecido conectivo de sustentação com uma matriz firme e gelatinosa. **(a)** Cartilagem hialina. Note a matriz translúcida e a ausência de fibras proeminentes. **(b)** Cartilagem elástica. As fibras elásticas agrupadas firmemente são visíveis entre os condrócitos. **(c)** Fibrocartilagem (cartilagem fibrosa). As fibras colágenas são extremamente densas, e os condrócitos estão relativamente distantes entre si.

Tipos de cartilagem [Figura 3.18] Há três principais tipos de cartilagem: (1) *cartilagem hialina,* (2) *cartilagem elástica* e (3) *fibrocartilagem* (*cartilagem fibrosa*).

1. A **cartilagem hialina** (*hyalos,* vidro) é o tipo mais comum de cartilagem. A matriz de cartilagem hialina contém fibras colágenas firmemente agrupadas. Apesar de ser resistente e algo flexível, este é o tipo mais frágil de cartilagem. Uma vez que as fibras colágenas da matriz não se coram bem, elas nem sempre são aparentes na microscopia de luz (Figura 3.18a). Exemplos desse tipo de cartilagem no corpo do adulto incluem (1) as conexões entre as costelas e o esterno, (2) as cartilagens de sustentação que formam as vias condutoras do sistema respiratório e (3) as *cartilagens articulares* que revestem as faces articulares opostas de ossos nas articulações sinoviais, como se observa no cotovelo ou no joelho.
2. A **cartilagem elástica** contém numerosas fibras elásticas que a tornam extremamente resiliente e flexível. Entre outras estruturas, a cartilagem elástica forma a orelha (orelha externa) (Figura 3.18b), a epiglote, a via aérea para a orelha média (*tuba auditiva*) e as pequenas cartilagens *cuneiformes* da laringe. Embora as cartilagens do ápice do nariz sejam muito flexíveis, há controvérsias quanto à sua classificação como cartilagens elásticas "verdadeiras" porque suas fibras elásticas não são tão abundantes quanto se observa na orelha ou na epiglote.
3. A **fibrocartilagem**, ou cartilagem fibrosa, apresenta pouca substância fundamental, pode não apresentar pericôndrio, e a matriz é dominada por fibras colágenas (Figura 3.18c). Amortecedores fibrocartilagíneos encontram-se em áreas sujeitas a um alto impacto, como entre as vértebras, entre os ossos púbis do quadril e em torno ou dentro de algumas articulações e tendões. Nestas posições, as fibrocartilagens resistem à compressão, absorvem impactos e previnem lesões devidas ao contato direto osso a osso. As fibras colágenas dentro da fibrocartilagem seguem as linhas de força encontradas em uma localização particular e, portanto, são arranjadas de modo mais uniforme do que aquelas em cartilagem hialina ou elástica. As cartilagens não apresentam boa capacidade de regeneração, o processo é lento e as fibrocartilagens danificadas em articulações podem interferir nos movimentos normais.

Osso [Figura 3.19 e Tabela 3.2]

Uma vez que a detalhada histologia do **osso**, ou *tecido ósseo* (*os*, osso), será considerada no Capítulo 5, esta discussão se concentrará nas diferenças significativas entre cartilagem e osso. A Tabela 3.2 resume as semelhanças e diferenças entre cartilagens e osso. Aproximadamente um terço da matriz do osso consiste em fibras colágenas. O equilíbrio é dado por uma mistura de sais de cálcio, principalmente fosfato de cálcio, com quantidades menores de carbonato de cálcio. Esta combinação confere ao osso propriedades realmente notáveis. Por si só, os sais de cálcio são fortes, porém quebradiços. As fibras colágenas são mais fracas, mas relativamente flexíveis. No osso, os minerais são organizados em torno das fibras colágenas. O resultado é uma combinação forte e algo flexível, bastante resistente ao estilhaçamento. Em suas propriedades gerais, o osso pode competir com o melhor concreto de aço reforçado.

A organização geral do tecido ósseo pode ser observada na Figura 3.19. *Lacunas* dentro da matriz contêm células ósseas, ou **osteócitos**. As lacunas são freqüentemente organizadas em torno dos vasos sangüíneos que se ramificam através da matriz óssea. Como a difusão não pode ocor-

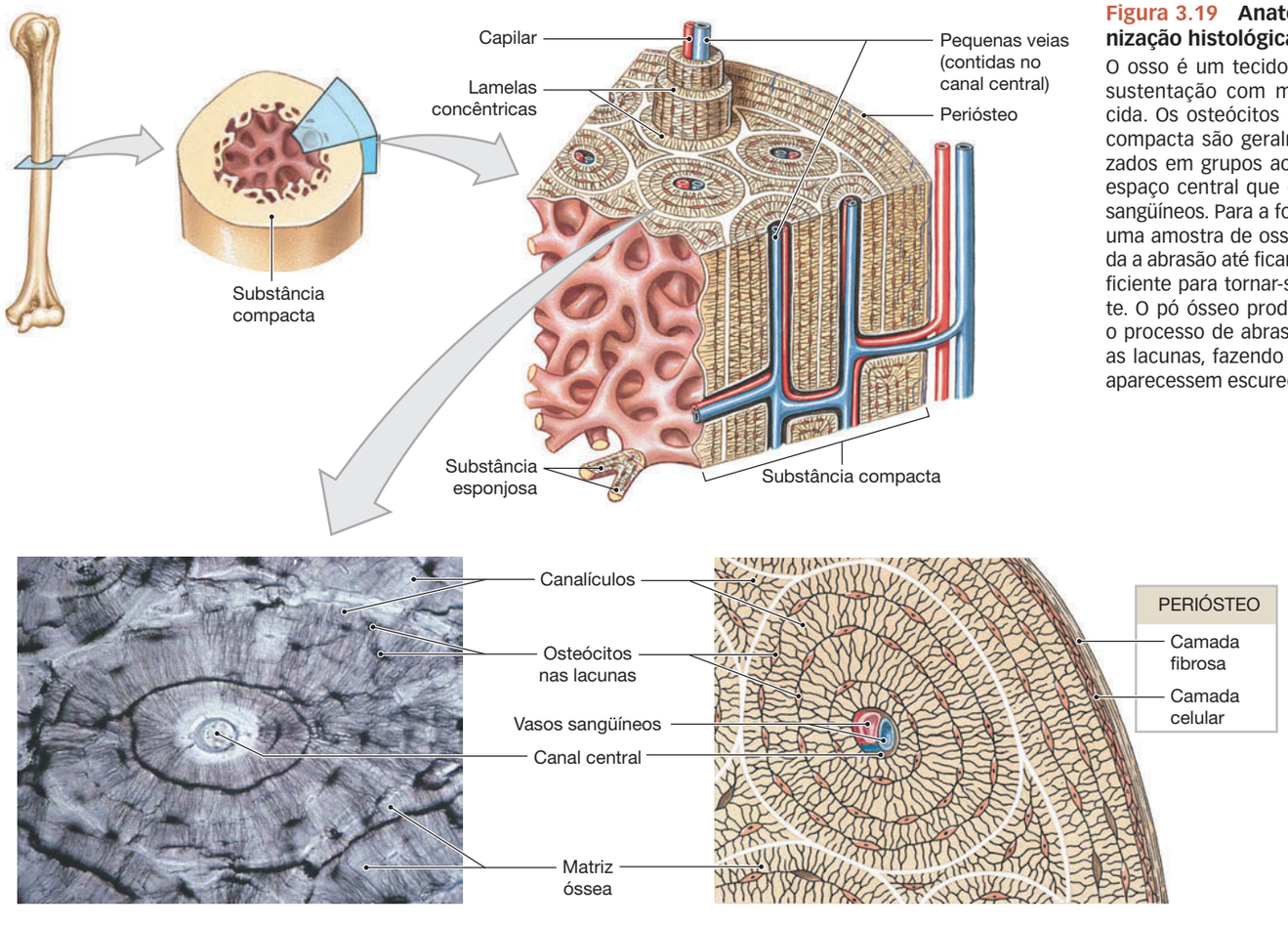


Figura 3.19 Anatomia e organização histológica do osso. O osso é um tecido conectivo de sustentação com matriz endurecida. Os osteócitos na substância compacta são geralmente organizados em grupos ao redor de um espaço central que contém vasos sangüíneos. Para a fotomicrografia, uma amostra de osso foi submetida a abrasão até ficar delgada o suficiente para tornar-se transparente. O pó ósseo produzido durante o processo de abrasão preencheu as lacunas, fazendo com que elas aparecessem escurecidas.

TABELA 3.2 Comparação entre cartilagem e osso

Característica	Cartilagem	Osso
CARACTERÍSTICAS ESTRUTURAIS		
Células	Condrócitos nas lacunas	Osteócitos nas lacunas
Matriz	Sulfatos de condroitina com proteínas, formando proteoglicanos hidratados	Cristais insolúveis de fosfato de cálcio e carbonato de cálcio
Fibras	Fibras colágenas, elásticas, reticulares (proporções variam)	Fibras colágenas predominam
Vascularização	Nenhuma	Extensa
Revestimento	Pericôndrio, duas camadas	Periósteo, duas camadas
Força	Limitada: curva-se com facilidade, mas dificilmente se quebra	Forte: resiste a torções até que se atinja o ponto de ruptura
Crescimento	Intersticial e aposicional	Apenas aposicional
Capacidade regenerativa	Limitada	Extensa
Demanda de oxigênio	Baixa	Elevada
Suprimento de nutrientes	Por difusão através da matriz	Por difusão através do citoplasma e líquido nos canalículos

rer através dos sais de cálcio, os osteócitos comunicam-se com vasos sangüíneos e também entre si por meio de extensões citoplasmáticas delgadas. Essas extensões fazem trajeto através das delgadas e longas passagens na matriz. Essas passagens, denominadas **canalículos** (pequenos canais), formam uma rede de ramificações para a troca de materiais entre os vasos sangüíneos e os osteócitos. Existem dois tipos de substância óssea: *substância compacta,* que contém vasos sangüíneos aprisionados dentro da matriz, e *substância esponjosa (trabecular)*, que não contém vasos sangüíneos.

Quase todas as superfícies ósseas são recobertas por um **periósteo** composto de uma camada fibrosa externa e uma camada celular interna. O periósteo é incompleto apenas nas articulações. O periósteo contribui para a fixação de um osso aos tecidos circunvizinhos e aos ligamentos e tendões associados. A camada celular atua no crescimento ósseo e participa na reparação após uma lesão. Diferente das cartilagens, os ossos passam regularmente por extensa remodelação, e uma reparação completa pode ser feita mesmo após a ocorrência de uma lesão grave. Os ossos também respondem a estresse induzido, tornando-se mais espessos e mais fortes com exercício e mais finos e quebradiços com a inatividade.

REVISÃO DOS CONCEITOS

1. Identifique os três componentes básicos de todos os tecidos conectivos.
2. Qual é a principal diferença entre tecido conectivo próprio e tecido conectivo de sustentação?
3. Quais são as duas classes gerais de células no tecido conectivo próprio? Quais células são encontradas em cada classe?
4. A falta de vitamina C na dieta interfere na capacidade de fibroblastos produzirem colágeno. Que efeitos essa capacidade limitada de produzir colágeno pode trazer para o tecido conectivo?

Veja a seção de Respostas na parte final do livro.

Membranas/túnicas

Epitélios e tecidos conectivos combinam-se para formar **membranas/túnicas**. Cada membrana consiste em uma camada epitelial e uma camada subjacente de tecido conectivo. As membranas recobrem e protegem outras estruturas e tecidos no corpo. Existem quatro tipos de membranas/túnicas: (1) *túnica mucosa*, (2) *túnica serosa*, (3) *pele* e (4) *membrana sinovial.*

Túnicas mucosas [Figura 3.20a]

As **túnicas mucosas** revestem órgãos que se comunicam com o meio exterior, incluindo os tratos digestório, respiratório, genital e urinário (Figura 3.20a). As túnicas mucosas, ou simplesmente mucosas, formam uma barreira que resiste à entrada de patógenos. As superfícies epiteliais são mantidas constantemente hidratadas; elas podem ser lubrificadas por muco ou outras secreções glandulares, ou por exposição a líquidos como urina ou sêmen. O componente de tecido areolar de uma túnica mucosa é denominado **lâmina própria**. A lâmina própria forma uma ponte que conecta o epitélio às estruturas subjacentes. Ela também confere sustentação aos vasos sangüíneos e nervos que suprem o epitélio. Consideraremos a organização de túnicas mucosas específicas com maiores detalhes em capítulos posteriores.

Muitas túnicas mucosas são revestidas por epitélios simples que desempenham funções de absorção ou secreção. Um exemplo é o epitélio colunar simples do trato digestório. Entretanto, outros tipos de epitélios podem estar envolvidos. Por exemplo, a túnica mucosa da boca contém um epitélio escamoso estratificado, e a túnica mucosa ao longo da maior parte do trato urinário apresenta um epitélio de transição.

Túnicas serosas [Figura 3.20b]

As **túnicas serosas** revestem as subdivisões da cavidade ventral do corpo. Existem três túnicas serosas, cada uma consistindo em um mesotélio (∞ pág. 55) sustentado por tecido conectivo areolar, rico em vasos sangüíneos e linfáticos (Figura 3.20b). Essas túnicas foram apresentadas no Capítulo 1: (1) A *pleura* reveste as paredes da cavidade torácica e os pulmões; (2) o *peritônio* reveste as paredes da cavidade abdominopélvica e a superfície externa dos órgãos nela contidos; e (3) o *pericárdio* limita a cavidade do pericárdio e reveste o coração. (∞ pág. 18) As túnicas serosas são muito finas e estão firmemente fixas à parede do corpo e aos órgãos que recobrem. Ao observar um órgão, como o coração ou o estômago, vê-se, na verdade, os tecidos da parede do órgão através de uma túnica serosa transparente.

As porções parietal e visceral de uma túnica serosa estão constantemente em contato íntimo. Minimizar o atrito entre estas superfícies opostas é a função primária das túnicas serosas. Como o mesotélio é muito fino, as túnicas serosas são relativamente permeáveis e os líquidos espalham-se sobre a superfície exposta, mantendo-a hidratada e deslizante.

O líquido formado na superfície de uma túnica serosa é chamado de **transudato** (*trans*, através). Transudatos específicos são denominados *líquido pleural*, *líquido peritoneal* e *líquido pericárdico*, dependendo de sua origem. Em indivíduos saudáveis normais, o volume total de transudato em qualquer tempo é extremamente pequeno, apenas o suficiente para prevenir atrito entre as paredes das cavidades do corpo e as superfícies dos órgãos. Contudo, após lesão ou em certos estados patológicos, o volume de transudato pode aumentar consideravelmente, complicando problemas clínicos existentes ou gerando novos.

Pele [Figura 3.20c]

A **pele** recobre a superfície externa do corpo. Consiste em epitélio escamoso estratificado queratinizado e tecido conectivo areolar subjacente

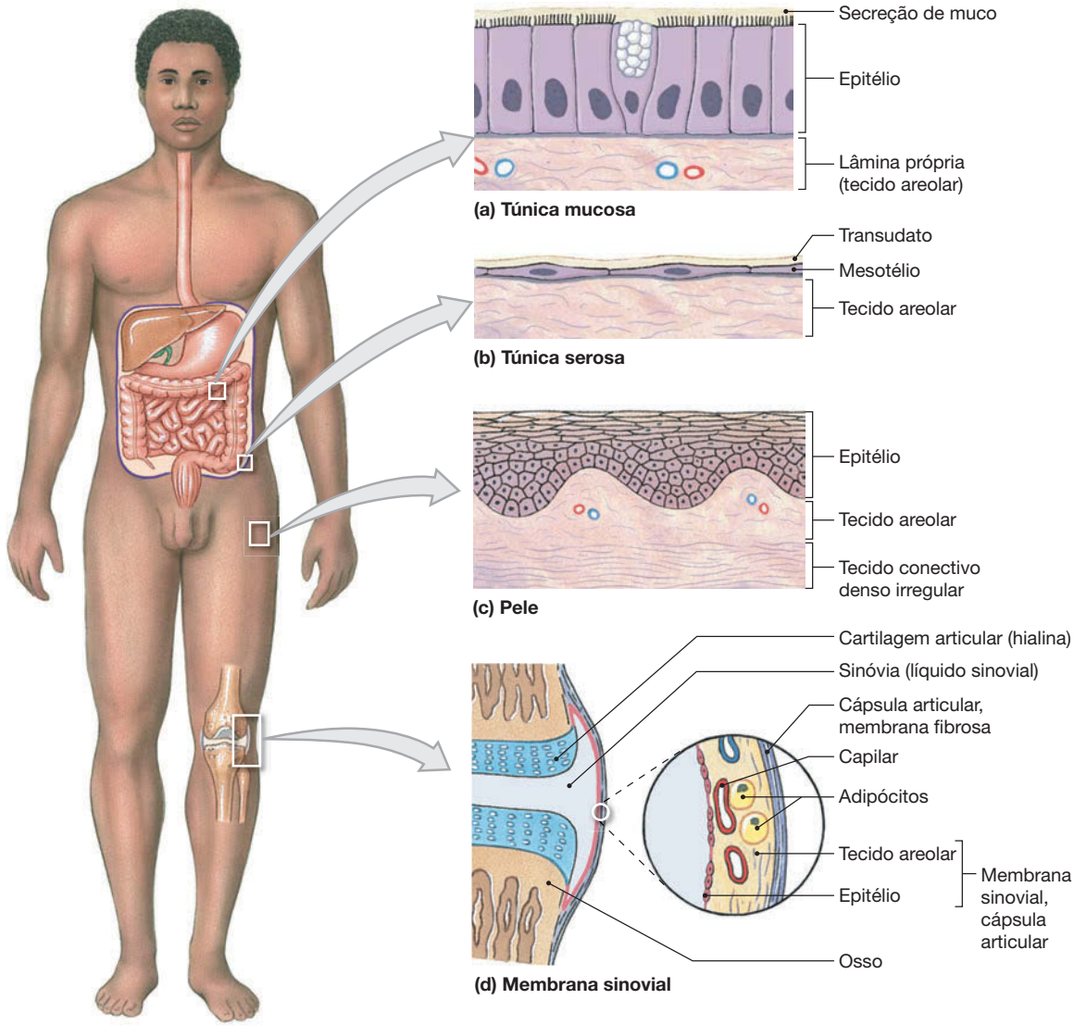


Figura 3.20 Membranas/túnicas. Membranas/túnicas são constituídas por epitélios e tecidos conectivos, que recobrem e protegem outros tecidos e estruturas. **(a)** As túnicas mucosas são recobertas com secreções de glândulas mucosas. As túnicas mucosas revestem internamente a maior parte dos tratos digestório e respiratório e porções dos tratos urinário e genital. **(b)** As túnicas serosas revestem as paredes das cavidades ventrais do corpo (limitam as cavidades peritoneal, pleural e do pericárdio). **(c)** A pele recobre a superfície externa do corpo. **(d)** Membranas sinoviais revestem as cavidades das articulações sinoviais e produzem o líquido (sinóvia) dessas articulações.

reforçado por uma camada de tecido conectivo denso (Figura 3.20c). Ao contrário das túnicas serosas ou mucosas, a pele é espessa, relativamente resistente à água e em geral seca. (A pele será discutida em detalhes no Capítulo 4.)

Membranas sinoviais [Figura 3.20d]

Uma **membrana sinovial** consiste em áreas extensas de tecido areolar, ligadas por uma camada superficial incompleta de células cubóides ou células escamosas (Figura 3.20d). Os ossos entram em contato uns com os outros nas *articulações*. As articulações que permitem significativo movimento (articulações sinoviais) são circundadas por uma cápsula articular fibrosa e contêm uma cavidade articular limitada por uma membrana sinovial*. Apesar de geralmente chamado de epitélio, o revestimento de membrana sinovial desenvolve-se dentro de um tecido conectivo e difere de outros epitélios em três aspectos: (1) Não há lâmina basal ou lâmina reticular, (2) a camada celular é incompleta, com espaços entre células adjacentes e (3) as "células epiteliais" são derivadas de macrófagos e fibroblastos do tecido conectivo subjacente. Algumas das células de revestimento são fagocitárias e outras são secretoras. As células fagocitárias removem os resíduos celulares ou patógenos que poderiam interferir na função da articulação. As células secretoras regulam a composição da **sinóvia** presente dentro da cavidade articular. A sinóvia lubrifica as cartilagens articulares, distribui oxigênio e nutrientes e amortece impactos nas articulações.

* N. de R.T. A cápsula articular está constituída por uma camada externa resistente, a membrana fibrosa, e por uma camada interna secretora, a membrana sinovial.

Tecidos conectivos e estrutura do corpo [Figura 3.21]

Tecidos conectivos constituem a estrutura interna do corpo. Camadas de tecido conectivo fixam os órgãos dentro das cavidades corporais com o restante do corpo. Essas camadas ou lâminas (1) conferem força e estabilidade, (2) mantêm as posições relativas dos órgãos internos e (3) determinam o trajeto para a distribuição dos vasos sangüíneos, vasos linfáticos e nervos.

Fáscia é o termo genérico para a camada ou lâmina de tecido conectivo que pode ser vista na dissecação macroscópica. Essas camadas e envoltórios podem ser divididos em três componentes principais: a fáscia superficial, a fáscia profunda e a tela subserosa. A anatomia funcional dessas camadas é ilustrada na Figura 3.21:

- A **tela subcutânea** (*sub*, abaixo + *cutis*, pele) é também denominada *hipoderme* (*hipo*, abaixo + *derma*, pele) (**fáscia superficial**)**. Esta camada de tecido conectivo frouxo separa a pele dos tecidos e órgãos subjacentes. Ela oferece isolamento térmico e amortecimento e permite que a pele ou estruturas subjacentes movimentem-se independentemente.

** N. de R.T. Ver a primeira nota de revisão técnica na página 75.

Nota clínica

Problemas com as túnicas serosas* Várias alterações clínicas, incluindo infecção e inflamação crônica, podem causar um acúmulo anormal de líquido em uma cavidade do corpo. Outras alterações podem reduzir a quantidade de lubrificante, causando atrito entre as superfícies opostas das túnicas serosas. Isso pode favorecer a formação de adesões – conexões fibrosas que eliminam o atrito fixando as membranas entre si. Adesões podem também restringir severamente o movimento do(s) órgão(s) afetado(s) e podem comprimir vasos sangüíneos ou nervos.

Pleurite, ou *pleurisia*, é uma inflamação das pleuras. Inicialmente as superfícies opostas da túnica tornam-se mais secas e se atritam uma contra a outra, causando um ruído conhecido como *atrito pleural*. Adesões raramente ocorrem entre as lâminas parietal e visceral da pleura, que limitam a cavidade pleural. Mais comumente, atrito contínuo e inflamação geram um aumento gradual da produção de líquido a níveis bastante acima do normal. O líquido pleural acumula-se então na cavidade pleural, produzindo uma condição conhecida como *derrame pleural*. Derrames pleurais são também causados por doenças cardíacas que elevam a pressão nos vasos sangüíneos pulmonares. Líquido então extravasa para os alvéolos e, na seqüência, para dentro da cavidade pleural, comprimindo os pulmões e dificultando a respiração. Esta combinação pode ser letal.

Pericardite é uma inflamação do pericárdio. Esta doença tipicamente leva a *derrame pericárdico*, um acúmulo anormal de líquido na cavidade do pericárdio. Quando agudo ou severo, o acúmulo de líquido pericárdico pode reduzir gravemente a eficiência do coração e restringir o fluxo sangüíneo nos principais vasos.

Peritonite, uma inflamação do peritônio, pode ser decorrente de uma infecção ou lesão do revestimento peritoneal. A peritonite é uma complicação potencial decorrente de qualquer procedimento cirúrgico no qual a cavidade peritoneal é aberta, ou de doenças que perfuram as paredes dos intestinos ou do estômago. Adesões são comuns após infecções peritoneais e podem levar à oclusão ou à suboclusão do trato intestinal.

Doenças hepáticas, renais ou insuficiência cardíaca podem causar um acúmulo de líquido na cavidade peritoneal. Denominado *ascite*, este acúmulo gera um aumento característico do perímetro abdominal. A pressão e a distorção da forma dos órgãos internos por excesso de líquido peritoneal podem causar sintomas como pirose, dispepsia, respiração curta e dores lombares.

---

* N de R.T. As três túnicas serosas – pleura, peritônio e pericárdio – são membranas de revestimento com características próprias. A pleura é uma membrana única, contínua, que tem uma parte revestindo internamente as paredes da cavidade torácica – pleura parietal – e outra parte revestindo diretamente o pulmão – pleura visceral. Estas duas partes da pleura limitam entre si um espaço totalmente fechado denominado cavidade pleural, que contém o líquido pleural. Pelo fato de haver na cavidade torácica uma pleura direita separada e independente da pleura esquerda, em conseqüência há cavidades pleurais direita e esquerda também independentes.

O peritônio também é uma membrana única, contínua, que tem uma parte revestindo internamente as paredes da cavidade abdominopélvica – peritônio parietal – e outra parte revestindo diretamente a maioria das vísceras presentes nesta cavidade – peritônio visceral. Estas duas partes do peritônio limitam entre si um espaço denominado cavidade peritoneal, que contém o líquido peritoneal. Esta cavidade é totalmente fechada no homem, porém apresenta aberturas – óstios abdominais das tubas uterinas – que permitem sua comunicação até o meio externo, na mulher.

O pericárdio, por sua vez, é uma dupla membrana: a externa, resistente, constitui o pericárdio fibroso; a interna é o próprio pericárdio seroso, uma membrana única e contínua, que apresenta uma parte acolada à superfície interna do pericárdio fibroso – lâmina parietal – e outra parte revestindo diretamente o coração – lâmina visceral, ou epicárdio. Estas duas lâminas do pericárdio seroso limitam entre si um espaço totalmente fechado denominado cavidade do pericárdio, que contém o líquido pericárdico.

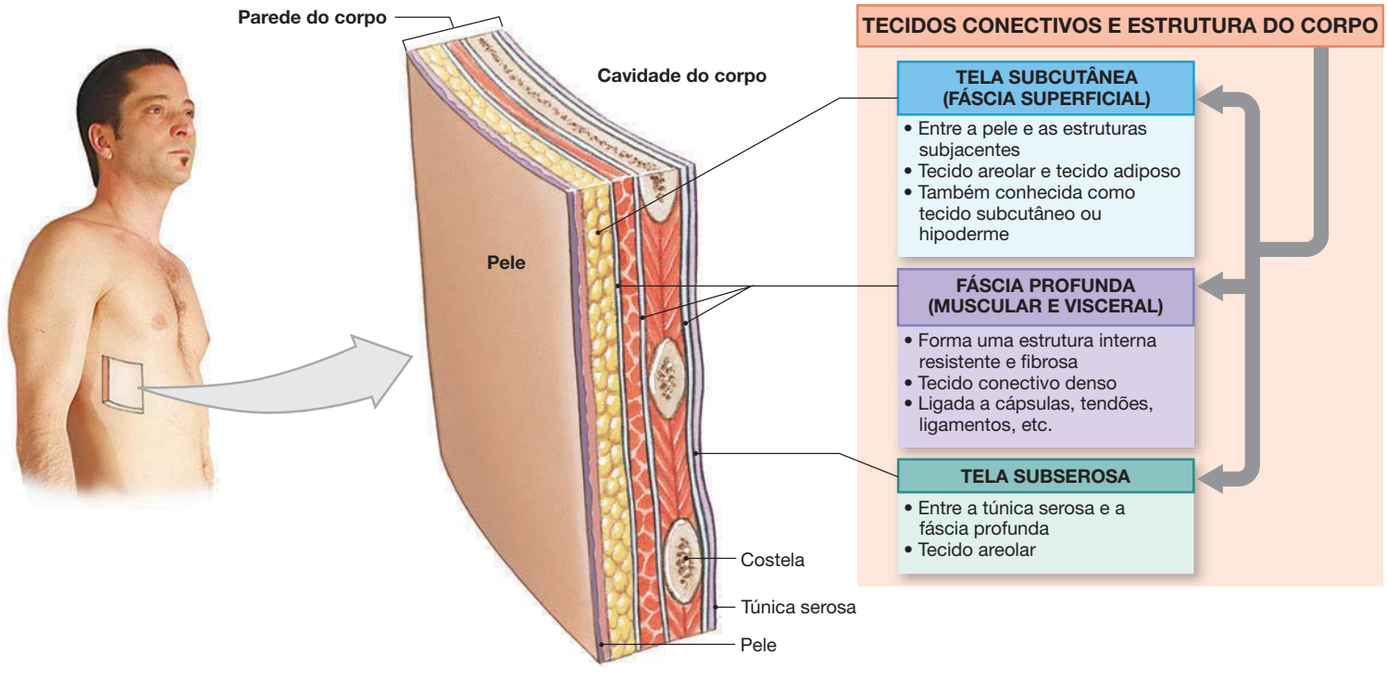


Figura 3.21 As fáscias.
A relação anatômica dos elementos de tecido conectivo no corpo.

- A **fáscia profunda*** é constituída por tecido conectivo denso regular. A organização das fibras assemelha-se a de um compensado de madeira: todas as fibras em uma camada individual fazem trajeto na mesma direção, mas a orientação das fibras muda de uma camada para a outra. Esta variação aumenta a resistência do tecido a forças aplicadas em diferentes direções. As *cápsulas* resistentes que circundam a maioria dos órgãos, incluindo os órgãos das cavidades torácica e abdominal, são ligadas à fáscia profunda. O pericôndrio em torno das cartilagens, o periósteo em torno dos ossos e a bainha de tecido conectivo dos músculos são conectados à fáscia profunda. A fáscia profunda do pescoço e dos membros passa entre grupos de músculos como *septos intermusculares,* e estes separam os músculos em compartimentos ou grupos que diferem em termos de função e desenvolvimento embrionário. Estes componentes de tecido conectivo denso são entrelaçados; por exemplo, a fáscia profunda em torno de um músculo continua-se com o tendão, cujas fibras, por sua vez, entrelaçam-se com as do periósteo. Este arranjo cria uma rede fibrosa forte para o corpo, que mantém os elementos estruturais juntos.
- A **tela subserosa** é a camada de tecido conectivo frouxo que fica entre a fáscia profunda e as túnicas serosas que revestem as cavidades do corpo. Uma vez que essa camada separa a túnica serosa da fáscia profunda, movimentos dos músculos ou órgãos musculares não alteram significativamente este revestimento delicado.

REVISÃO DOS CONCEITOS

1. Que tipo de membrana/túnica reveste as vias condutoras dos sistemas respiratório e digestório? Por que este tipo de membrana/túnica é útil para estas áreas?
2. Dê um outro nome para a fáscia superficial. Qual é a sua função?
3. Você foi requisitado para localizar o pericárdio. Que tipo de membrana/túnica é esta, e onde você a encontraria?
4. Quais são as funções da pele?

Veja a seção de Respostas na parte final do livro.

Tecido muscular [Figura 3.22]

O **tecido muscular** é especializado para contração (Figura 3.22). Células musculares possuem organelas e propriedades distintas das de outras células. Elas são capazes de contrações poderosas que encurtam a célula no seu eixo longitudinal. Por serem diferentes de células "típicas", o termo **sarcoplasma** é usado para fazer referência ao citoplasma de uma célula muscular, e **sarcolema** é o termo utilizado para se referir ao seu plasmalema.

Três tipos de tecido muscular são encontrados no corpo: (1) *estriado esquelético*[1], (2) *estriado cardíaco* e (3) *liso.* O mecanismo de contração é similar nos três tipos, porém estes diferem em sua organização interna. Descreveremos cada tipo muscular em maiores detalhes em capítulos subseqüentes (músculo estriado esquelético no Capítulo 9, músculo estriado cardíaco no Capítulo 21 e músculo liso no Capítulo 25). Esta discussão terá como foco as características gerais em detrimento das específicas.

Tecido muscular estriado esquelético [Figura 3.22a]

O **tecido muscular estriado esquelético** contém células musculares muito grandes. Pelo fato de as células musculares esqueléticas individuais serem relativamente longas e delgadas, elas são em geral chamadas de **fibras musculares**. As fibras musculares esqueléticas são muito diferentes porque podem apresentar 0,3 m de extensão ou mais, e cada célula é **multinucleada**, contendo centenas de núcleos com localização imediatamente subjacente à superfície do sarcolema (Figura 3.22a). As fibras musculares esqueléticas são incapazes de se dividir, mas novas fibras musculares podem ser produzidas por meio da divisão de **células musculares satélites** (mioblastos), células mesenquimais que persistem no tecido muscular esquelético adulto. Assim, o tecido muscular esquelético pode, ao menos parcialmente, reparar-se após lesão.

As fibras musculares esqueléticas contêm filamentos de *actina* e *miosina*, arranjados em paralelo, em grupos funcionais organizados. Como resultado, as fibras musculares esqueléticas têm uma aparência de bandas, ou *estriada* (Figura 3.22a). Normalmente, as fibras musculares esqueléticas não se contrairão a menos que estimuladas por nervos, e o sistema nervoso confere controle voluntário sobre suas atividades. Assim, o músculo esquelético é denominado **músculo estriado voluntário**.

O tecido muscular esquelético é mantido unido por tecido conectivo areolar. As fibras elásticas e colágenas em torno de cada célula e grupo de células mesclam-se com aquelas dos tendões ou aponeuroses que conduzem a força de contração, geralmente para um osso do esqueleto. Quando o tecido muscular se contrai, traciona o osso e gera o movimento.

Tecido muscular estriado cardíaco [Figura 3.22b]

O **tecido muscular estriado cardíaco** é encontrado apenas no coração. Uma **célula muscular cardíaca** típica é menor do que uma fibra muscular esquelética e apresenta apenas um núcleo centralmente localizado. As estriações proeminentes, observadas na Figura 3.22b, assemelham-se àquelas do músculo esquelético. Células musculares cardíacas formam conexões extensas umas com as outras; essas conexões ocorrem em regiões especializadas conhecidas como **discos intercalados** (intercalares). Como resultado, o tecido muscular cardíaco consiste em uma rede de ramificações de células musculares interconectadas. As junções-âncora auxiliam a direcionar as forças de contração, e as junções comunicantes nos discos intercalados auxiliam a coordenar as atividades de células musculares cardíacas individuais. Como as fibras musculares esqueléticas, as células musculares cardíacas são incapazes de se dividir, e uma vez que este tecido não apresenta células satélites, o tecido do músculo cardíaco lesionado não pode se reparar.

As células musculares cardíacas não contam com atividade nervosa para iniciar sua contração. Em vez disso, células musculares cardíacas especializadas, denominadas **células marca-passo****, estabelecem uma freqüência de contração em ritmo regular. Ainda que o sistema nervoso possa alterar a freqüência de atividade do marca-passo, ele não oferece controle voluntário sobre células musculares cardíacas individuais. Portanto, o músculo cardíaco é denominado **músculo estriado involuntário.**

Tecido muscular liso [Figura 3.22c]

O **tecido muscular liso** pode ser encontrado na base dos folículos pilosos; nas paredes dos vasos sangüíneos; nas paredes de órgãos ocos, como a bexiga urinária; e em camadas nas paredes dos tratos respiratório, circula-

* N. de R.T. Segundo a Terminologia Anatômica (2001), os termos fáscia superficial e fáscia profunda não são recomendados para uso genérico, devido à polêmica existente nas diferentes línguas dos países. Assim, no interesse da compreensão internacional, os termos respectivamente recomendados são tela subcutânea (tecido subcutâneo) e fáscia dos músculos (muscular) e fáscia visceral.

[1] A *Terminologia Histologica: International Terms for Human Cytology and Histology* (TH, ©2007) divide esta categoria em músculo estriado esquelético e músculo estriado visceral não-cardíaco, baseando-se em localização e função.

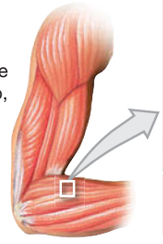
** N. de R.T. Estas células constituem, em conjunto, o complexo estimulante do coração (sistema de condução).

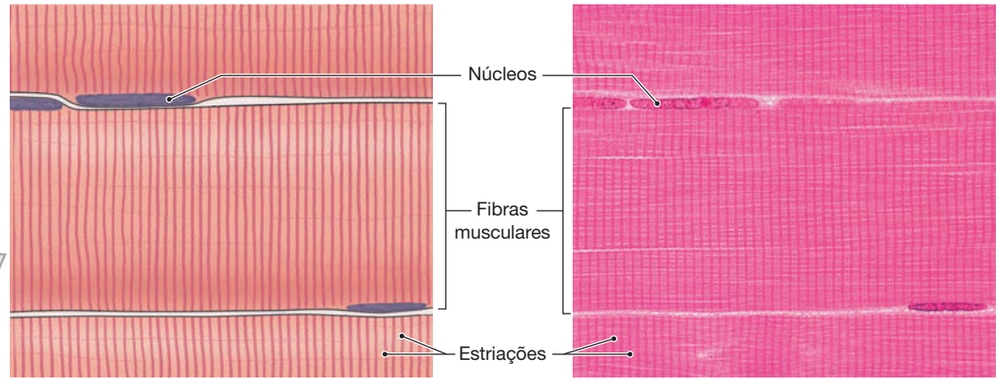
TECIDO MUSCULAR ESTRIADO ESQUELÉTICO

Células longas, cilíndricas, estriadas e multinucleadas

LOCAIS: Combinado com tecidos conectivos e tecido nervoso nos músculos esqueléticos

FUNÇÕES: Movimenta ou estabiliza a posição do esqueleto; regula entradas e saídas nos tratos digestório, respiratório e urinário; gera calor; protege órgãos internos





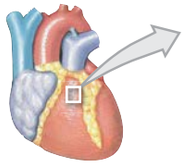
(a) Músculo estriado esquelético ML × 180

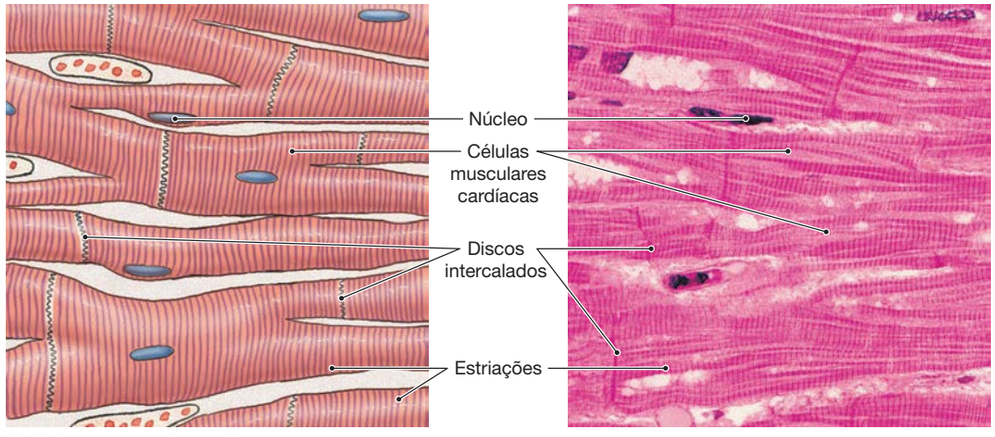
TECIDO MUSCULAR ESTRIADO CARDÍACO

Células curtas, ramificadas e estriadas, geralmente com um único núcleo; as células são interconectadas por discos intercalados (intercalares)

LOCAIS: Coração

FUNÇÕES: Faz circular o sangue; mantém a pressão sangüínea (hidrostática)





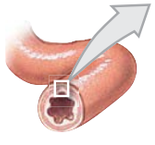
(b) Músculo estriado cardíaco ML × 450

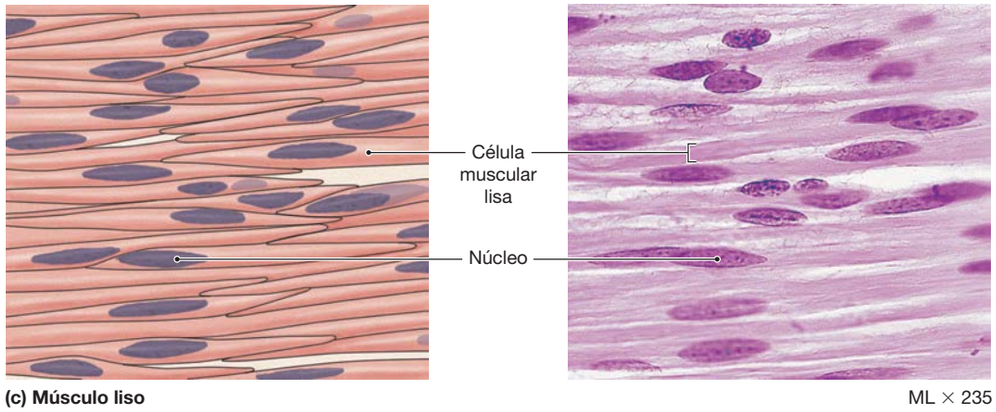
TECIDO MUSCULAR LISO

Células curtas, fusiformes e não-estriadas, com um único núcleo central

LOCAIS: Observado nas paredes dos vasos sangüíneos e em órgãos digestórios, respiratórios, urinários e genitais

FUNÇÕES: Movimenta alimento, urina e secreções do trato genital; controla o diâmetro das vias respiratórias; regula o diâmetro dos vasos sangüíneos





(c) Músculo liso ML × 235

Figura 3.22 Histologia do tecido muscular.
(a) Fibras musculares estriadas esqueléticas. Note a grande dimensão da fibra, o padrão de faixas proeminentes, núcleos múltiplos e disposição não-ramificada. **(b)** Células musculares estriadas cardíacas. Estas células diferem das fibras musculares estriadas esqueléticas em três aspectos principais: dimensões (células musculares cardíacas são menores), organização (células musculares cardíacas ramificam-se) e quantidade de núcleos (uma célula muscular cardíaca típica apresenta um núcleo centralmente localizado). Ambas contêm filamentos de actina e miosina em uma disposição organizada que produz as estriações observadas nos dois tipos de células musculares. **(c)** Células musculares lisas. As células musculares lisas são pequenas e fusiformes, com um núcleo central. Elas não se ramificam e não possuem estriações.

tório, digestório e genital. Uma célula muscular lisa é uma pequena célula com extremidades afiladas, contendo um núcleo oval único e centralmente localizado (Figura 3.22c). As células musculares lisas podem dividir-se e regenerar-se após lesão. Os filamentos de actina e miosina nas células musculares lisas são organizados diferentemente daqueles dos músculos cardíaco e esquelético, e como resultado não há estriações; é o único tecido muscular *não-estriado*. As células musculares lisas em geral contraem-se involuntariamente, por meio da ação das células "auto-ajustáveis". Ainda que as contrações do músculo liso possam ser disparadas por atividade neural, o sistema nervoso normalmente não oferece controle voluntário sobre essas contrações. Como conseqüência, o músculo liso é chamado de **músculo não-estriado involuntário**.

Tecido nervoso [Figura 3.23]

O **tecido nervoso**, também conhecido com **tecido neural**, é especializado para a condução de impulsos elétricos provenientes de uma região do corpo até outra. A maior parte do tecido nervoso do corpo (aproximadamente 96%) está concentrada no encéfalo e na medula espinal, os centros de coordenação do sistema nervoso. O tecido nervoso apresenta dois tipos básicos de célula: **neurônios** (*neuro*, nervo), ou *células nervosas*, e muitos tipos diferentes de células de sustentação, coletivamente denominadas **neuróglia** ou **células da glia** (*glia,* cola). Os neurônios conduzem impulsos elétricos ao longo do seu plasmalema. Todas as funções do sistema nervoso envolvem modificações no padrão e na freqüência dos impulsos conduzidos por neurônios individuais. A neuróglia apresenta variadas funções, como oferecer uma estrutura de sustentação para o tecido nervoso, regular a composição do tecido intersticial e fornecer nutrientes para os neurônios.

Os neurônios são as células mais longas no corpo, muitas atingindo até 1 m de comprimento. A maioria dos neurônios é incapaz de se dividir em circunstâncias normais e apresenta capacidade muito limitada de regeneração após lesão. Um neurônio típico apresenta um **corpo celular**, ou *soma*, que contém um grande núcleo proeminente (Figura 3.23). Tipicamente, o corpo celular apresenta diversas ramificações, denominadas **dendritos** (*dendron*, árvore), e um único **axônio**. Os dendritos recebem mensagens aferentes; os axônios conduzem mensagens eferentes. É o comprimento do axônio que determina a extensão do neurônio; uma vez que os axônios são bastante delgados, eles são também chamados de **fibras nervosas**; no Capítulo 13 discutiremos as propriedades do tecido nervoso e ofereceremos detalhes histológicos e citológicos adicionais.

Tecidos, nutrição e envelhecimento

Os tecidos modificam-se com o avançar da idade. Em geral, atividades de reparação e manutenção tornam-se menos eficientes, e uma combinação das mudanças hormonais e do estilo de vida afeta a estrutura e a composição química de muitos tecidos. Os epitélios tornam-se mais finos e os tecidos conectivos mais frágeis. Os indivíduos tornam-se mais suscetíveis a apresentar hematomas e os ossos tornam-se mais frágeis. Dores articulares e fraturas ósseas são queixas e ocorrências comuns. Uma vez que as células musculares cardíacas e os neurônios não podem ser substituídos ao longo do tempo, perdas cumulativas por danos relativamente menores podem contribuir para problemas de saúde importantes, como doenças cardiovasculares ou deterioração da função mental.

Em capítulos posteriores, consideraremos os efeitos do envelhecimento sobre órgãos e sistemas específicos. Algumas destas modificações são geneticamente programadas. Por exemplo, os condrócitos de indivíduos idosos produzem proteoglicanos ligeiramente diferentes daqueles de indivíduos mais jovens. A diferença provavelmente está relacionada às mudanças observadas na espessura e resiliência da cartilagem. Em outros casos, a degeneração tecidual pode ser lentificada temporariamente ou mesmo revertida. A redução da resistência óssea relacionada ao envelhecimento em mulheres é uma alteração denominada **osteoporose**. É comumente causada por uma combinação de inatividade, dietas com níveis baixos de cálcio e uma redução de estrógenos circulantes (hormônios sexuais femininos). Um programa de exercícios físicos e suplementos de cálcio, às vezes combinado com terapias de reposição hormonal, geralmente pode manter, por muitos

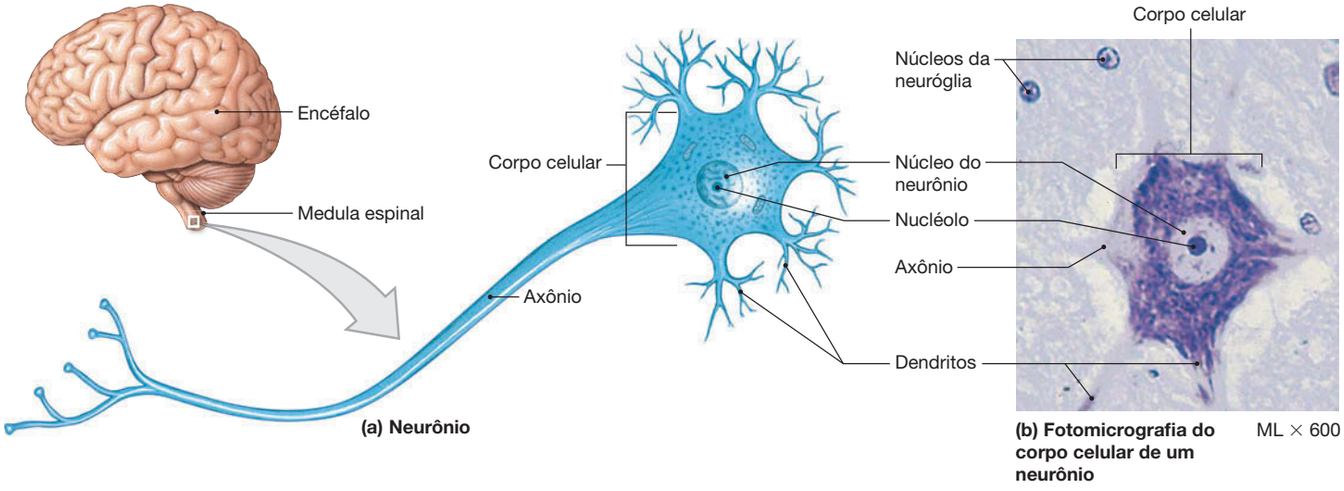


Figura 3.23 Histologia do tecido nervoso.
Representações **(a)** diagramática e **(b)** histológica de um neurônio típico. Os neurônios são especializados na condução de impulsos elétricos por distâncias relativamente longas no corpo.

anos, a estrutura normal do osso. (A relação riscos/benefícios potenciais da terapia de reposição hormonal precisa ser cuidadosamente avaliada em cada indivíduo.)

Neste capítulo apresentamos os quatro tipos básicos de tecidos encontrados no corpo humano. Em combinação, esses tecidos formam todos os órgãos e sistemas que serão discutidos em capítulos subseqüentes.

REVISÃO DOS CONCEITOS

1. Que tipo de tecido muscular apresenta pequenas células afiladas, com núcleos únicos e nenhuma estriação aparente?
2. Por que o músculo esquelético também é chamado de músculo estriado voluntário?
3. Que tecido é especializado para condução de impulsos elétricos de uma região do corpo a outra?

Veja a seção de Respostas na parte final do livro.

Nota clínica

Formação e crescimento tumoral Médicos especialistas na identificação e no tratamento do câncer são denominados **oncologistas** (*onkos*, massa). Patologistas e oncologistas classificam cânceres de acordo com sua aparência celular e seus locais de origem. Mais de 100 tipos de tumores já foram descritos, porém categorias mais amplas são utilizadas para indicar a localização usual do tumor primário. A Tabela 3.3 resume a informação referente a tumores benignos e malignos (cânceres) associados aos tecidos discutidos neste capítulo.

O câncer desenvolve-se em uma série de fases, diagramadas na Figura 3.24. Inicialmente as células cancerosas encontram-se restritas em uma única localização, o que é denominado **tumor primário** ou **neoplasia primária**. Geralmente, todas as células no tumor são células-filhas derivadas de uma única célula maligna. No início, o crescimento do tumor primário simplesmente distorce o tecido, e a organização básica dele permanece intacta. A metástase inicia-se com o desprendimento de células cancerosas do tumor primário que invadem os tecidos adjacentes. Quando esta invasão é seguida de penetração em vasos sangüíneos ou linfáticos da região, as células cancerosas começam a circular pelo corpo.

Respondendo a estímulos ainda pouco conhecidos, estas células posteriormente escapam do sistema circulatório e estabelecem-se como **tumores secundários** em outros locais. Esses tumores são extremamente ativos metabolicamente, e sua presença estimula o crescimento de vasos sangüíneos na área. O suprimento vascular aumentado oferece nutrientes adicionais e acelera ainda mais o crescimento tumoral e metastático. A morte pode ocorrer pela compressão de órgãos vitais, pois células cancerosas não-funcionais matam ou substituem as células normais de órgãos vitais, ou porque elas, devido à sua maior atividade, consomem significativamente os nutrientes essenciais dos tecidos normais.

TABELA 3.3 Tumores benignos e malignos nos principais tipos de tecido

Tecido	Descrição
EPITÉLIOS	
Carcinomas	Qualquer câncer de origem epitelial
Adenocarcinomas	Cânceres de epitélios glandulares
Angiossarcomas	Cânceres de células endoteliais
Mesoteliomas	Cânceres de células mesoteliais
TECIDOS CONECTIVOS	
Fibromas	Tumores benignos de origem fibroblástica
Lipomas	Tumores benignos de tecido adiposo
Lipossarcomas	Cânceres de tecido adiposo
Leucemias, linfomas	Cânceres de tecidos formadores de sangue (hematopoiéticos)
Condromas	Tumores benignos em cartilagem
Condrossarcomas	Cânceres de cartilagem
Osteomas	Tumores benignos em osso
Osteossarcomas	Cânceres de osso
TECIDOS MUSCULARES	
Miomas	Tumores benignos musculares
Miossarcomas	Cânceres de tecido muscular esquelético
Sarcomas cardíacos	Cânceres de tecido muscular cardíaco
Leiomiomas	Tumores benignos de tecido muscular liso
Leiomiossarcomas	Cânceres de tecido muscular liso
TECIDO NERVOSO	
Gliomas, neuromas	Cânceres de origem neuroglial

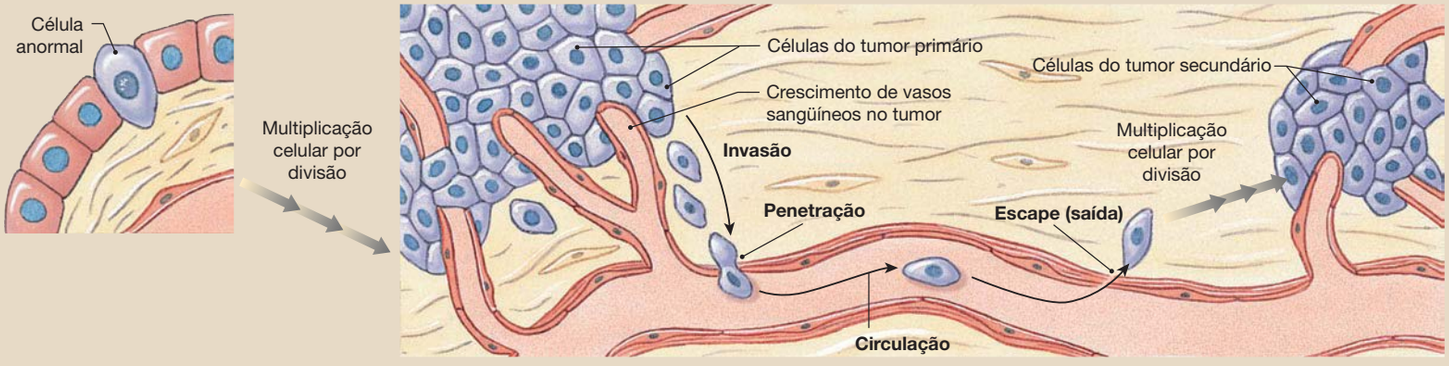
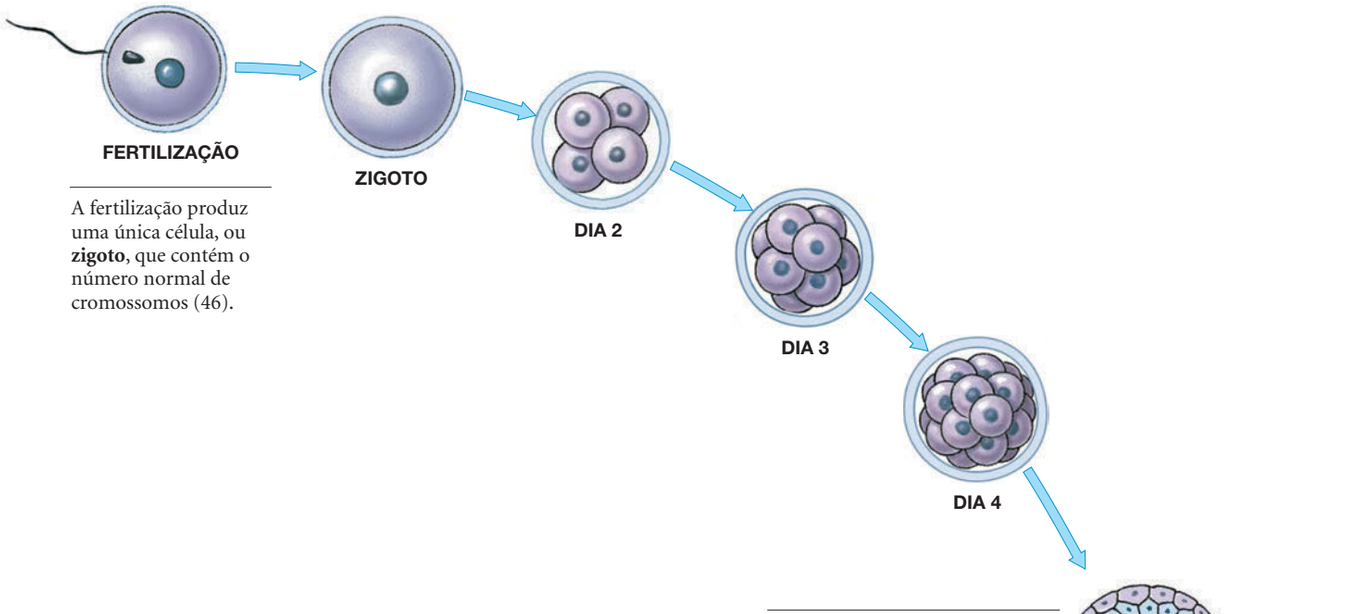
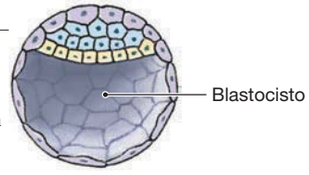


Figura 3.24 O desenvolvimento de câncer.
Diagrama de multiplicação celular anormal por divisão levando à formação de um tumor. Vasos sangüíneos crescem no tumor; as células do tumor penetram nos vasos sangüíneos e circulam pelo corpo.

A formação dos tecidos

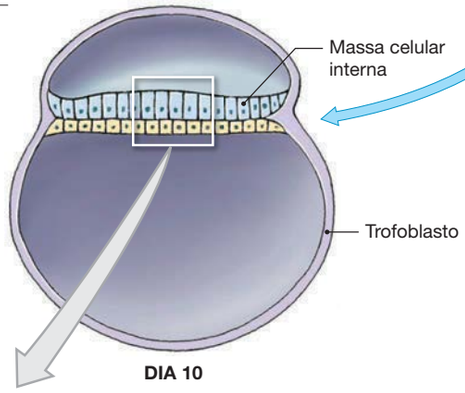


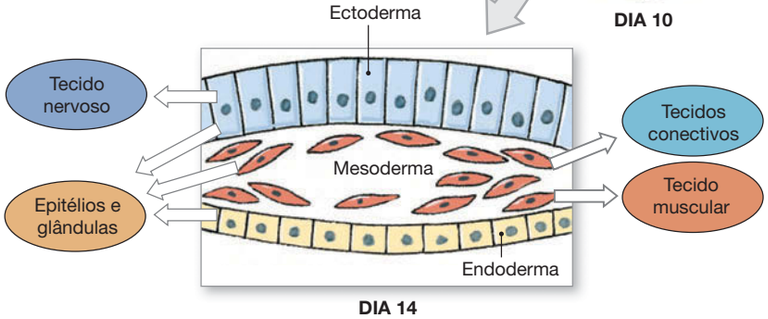
A fertilização produz uma única célula, ou **zigoto**, que contém o número normal de cromossomos (46).



Durante a **clivagem**, as divisões celulares produzem uma esfera oca de células denominada **blastocisto**. Este processo leva em torno de uma semana para se completar.

Em secção, o blastocisto contém dois grupos de células com destinos bastante diferentes. A camada externa (massa celular externa), ou **trofoblasto** (*trophos*, alimento + *blast*, precursor), formará a placenta, que nutre o embrião em desenvolvimento. A **massa celular interna** (embrioblasto) formará o próprio embrião.



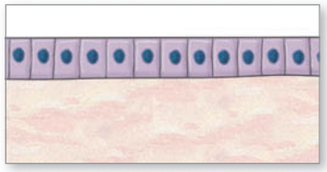


Durante a segunda semana de desenvolvimento, diferentes populações celulares podem ser vistas na massa celular interna. Essas células são organizadas em três **camadas germinativas primárias**: o **ectoderma**, o **mesoderma** e o **endoderma**. Diferenciações mais profundas, subseqüentes, das camadas germinativas primárias produzirão os principais tipos de tecidos.

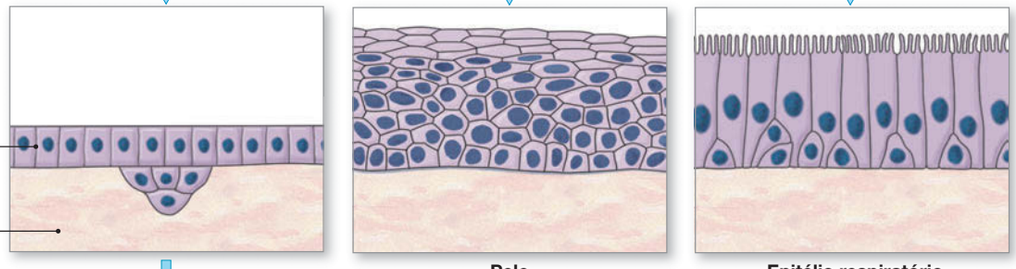
Todas as três camadas germinativas participam da formação dos órgãos isolados e dos sistemas de órgãos. Suas interações serão detalhadas adiante nos Resumos de embriologia que abordarão os sistemas específicos.

O desenvolvimento dos epitélios

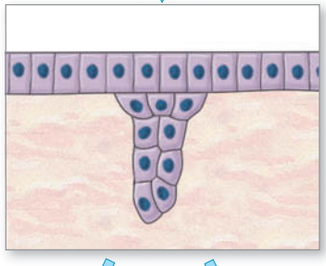
Todos os epitélios começam como epitélios simples que podem mais tarde tornar-se estratificados.



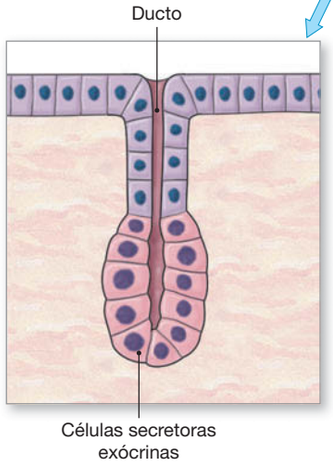
Estas células diferenciam-se em células epiteliais funcionais e células glandulares que podem ter funções endócrinas ou exócrinas.

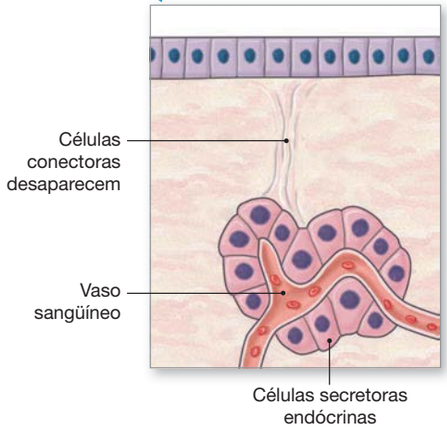


Glândulas complexas começam a se formar à medida que células epiteliais crescem para dentro do (invadem o) tecido conectivo subjacente.



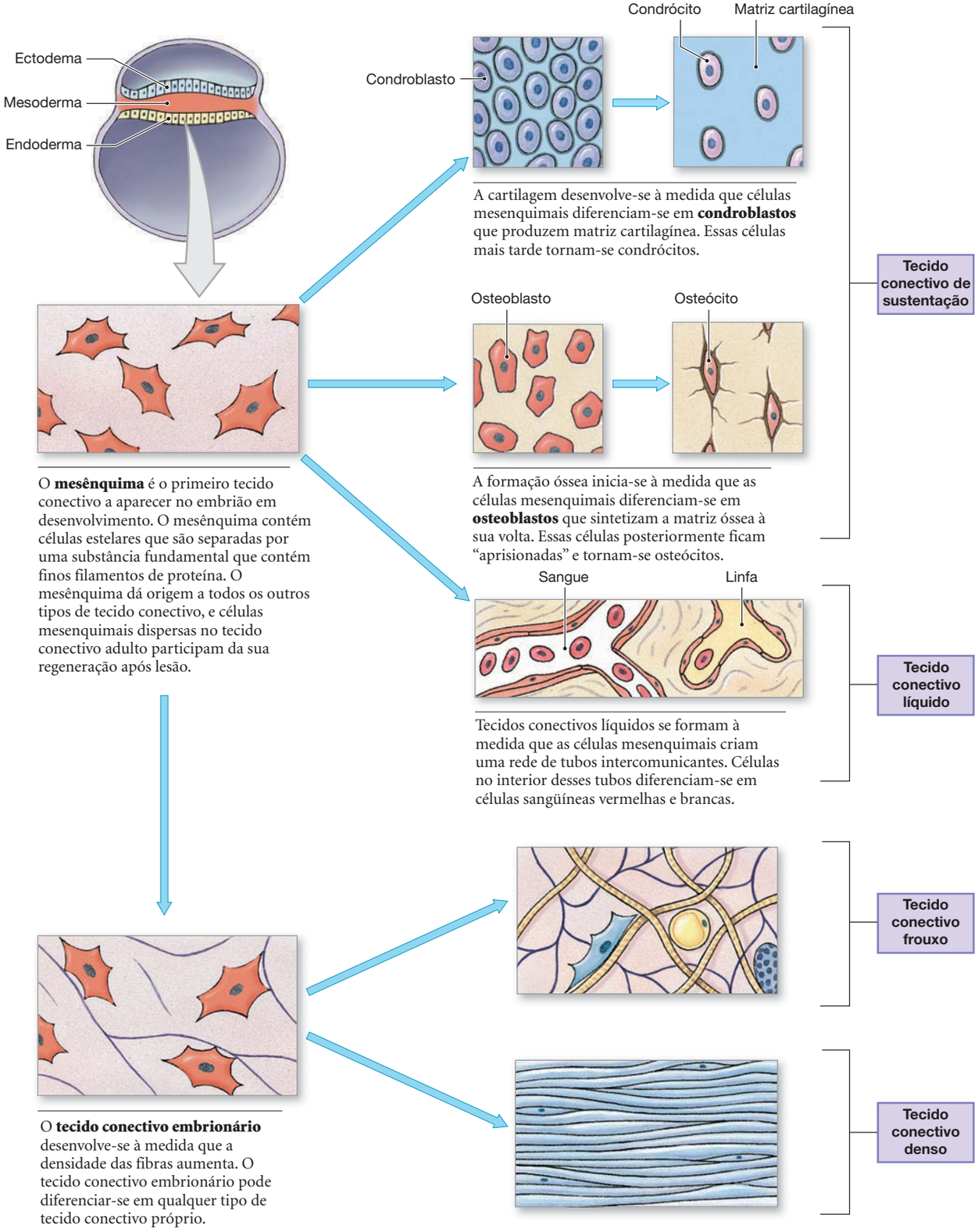
Na formação de uma **glândula exócrina**, as células específicas que conectam as células secretoras à superfície formam um ducto que transporta as secreções das células glandulares à superfície epitelial.





Na formação de uma **glândula endócrina**, as células específicas que conectam à superfície desaparecem e as células glandulares secretam para o interior dos vasos sangüíneos ou para o interior dos líquidos dos tecidos circundantes.

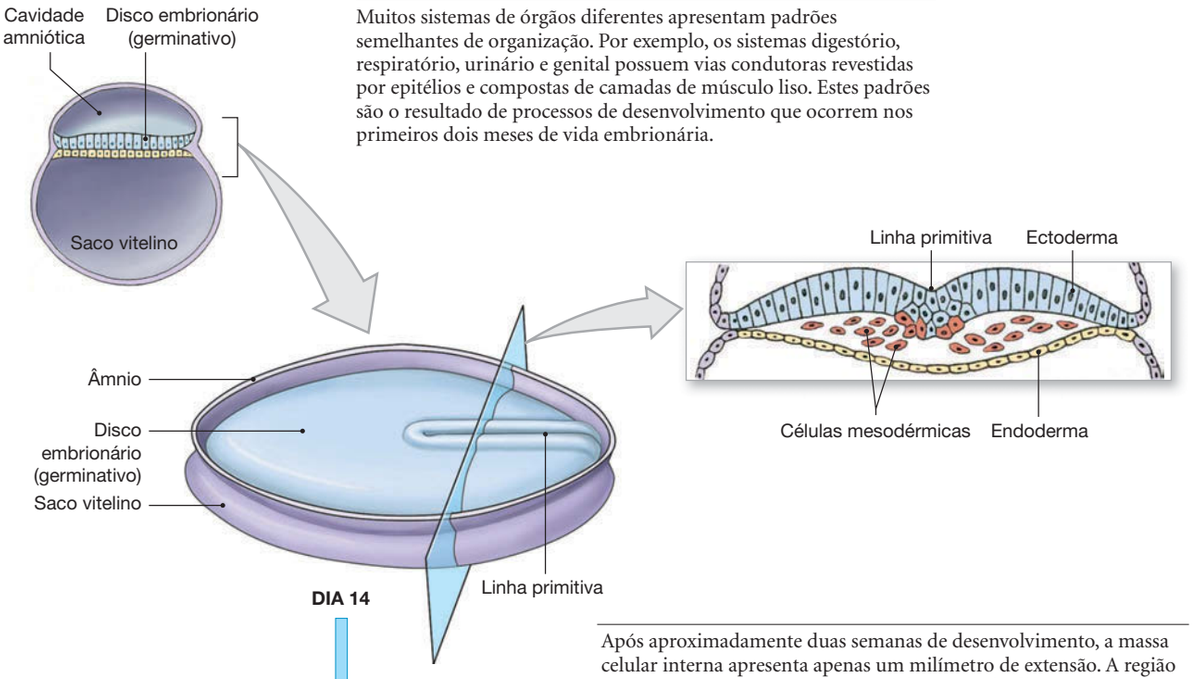
As origens dos tecidos conectivos



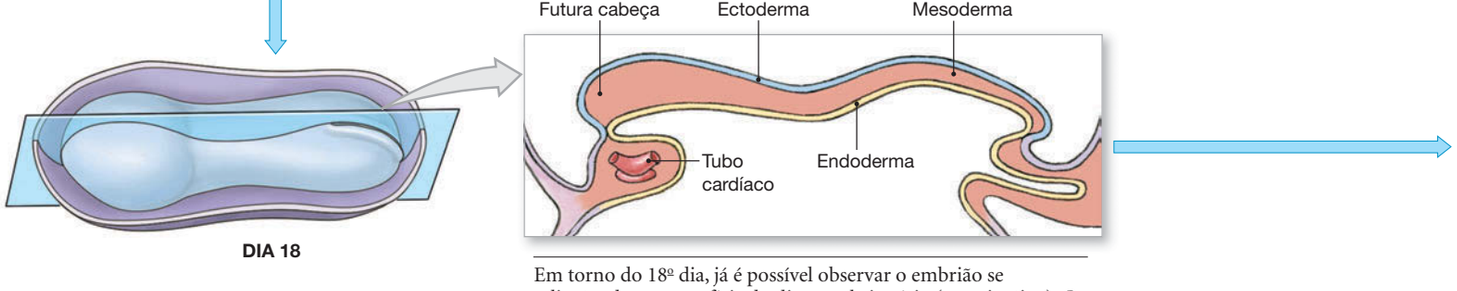
O desenvolvimento dos sistemas de órgãos

Para um resumo do desenvolvimento dos sistemas muscular e nervoso, consulte o Capítulo 28 (Embriologia e Desenvolvimento Humano).

Muitos sistemas de órgãos diferentes apresentam padrões semelhantes de organização. Por exemplo, os sistemas digestório, respiratório, urinário e genital possuem vias condutoras revestidas por epitélios e compostas de camadas de músculo liso. Estes padrões são o resultado de processos de desenvolvimento que ocorrem nos primeiros dois meses de vida embrionária.

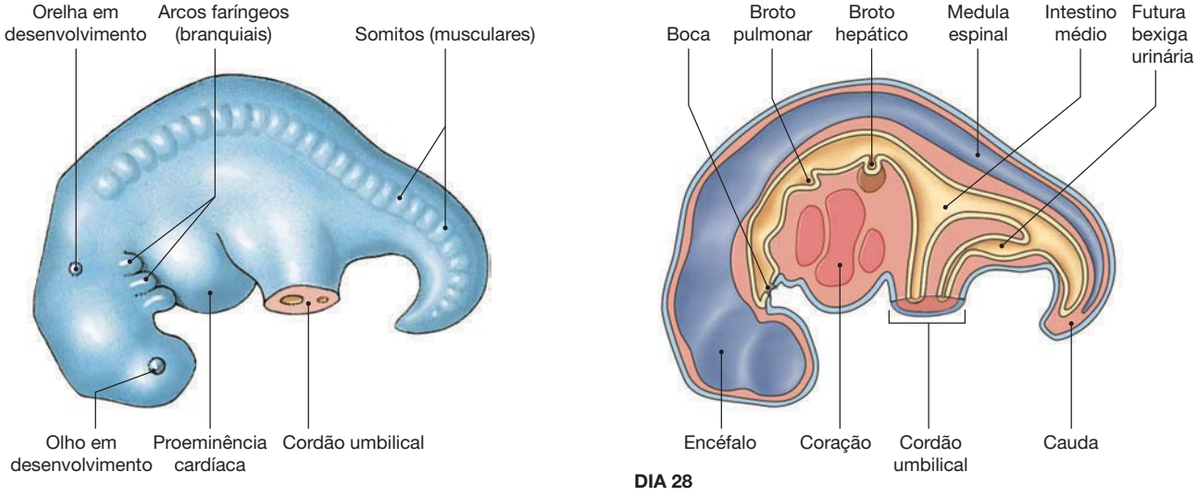


Após aproximadamente duas semanas de desenvolvimento, a massa celular interna apresenta apenas um milímetro de extensão. A região do desenvolvimento embrionário é denominada **disco embrionário** (germinativo). Ela contém um par de camadas epiteliais: uma superior, o ectoderma, e um endoderma subjacente. Em uma região denominada **linha primitiva**, células superficiais migram entre as duas, adicionando uma camada intermédia de mesoderma.



Em torno do 18º dia, já é possível observar o embrião se salientando na superfície do disco embrionário (germinativo). O coração e muitos vasos sangüíneos já estão formados, bem antes de outros sistemas de órgãos. A menos que mencionado de outra forma, as discussões sobre o desenvolvimento dos sistemas de órgãos em capítulos posteriores serão iniciadas neste estágio.

TECIDOS E ÓRGÃOS QUE SE ORIGINAM DAS CAMADAS GERMINATIVAS PRIMÁRIAS	
Ectoderma origina:	A epiderme e os anexos epidérmicos do tegumento comum incluindo os folículos pilosos, as unhas e as glândulas que se comunicam com a superfície da pele (sudoríferas, mamárias e sebáceas) O revestimento da cavidade nasal, da cavidade oral, do canal anal (parte ectodérmica) e glândulas salivares Sistema nervoso, incluindo encéfalo e medula espinal Porções do sistema endócrino (hipófise e parte das glândulas supra-renais) Porções do crânio, arcos faríngeos e dentes
Mesoderma origina:	Derme do tegumento comum Revestimento das cavidades do corpo (pleura, pericárdio e peritônio) Sistemas muscular, esquelético, circulatório e linfático Rins e parte do trato urinário Gônadas e a maior parte do trato genital Tecidos conectivos de sustentação para todos os sistemas de órgãos Partes do sistema endócrino (parte das glândulas supra-renais e tecidos endócrinos do sistema genital)
Endoderma origina:	Maior parte do sistema digestório: epitélio (exceto boca e parte ectodérmica do canal anal), glândulas exócrinas (exceto as salivares), pâncreas e fígado Maior parte do sistema respiratório: epitélio (exceto cavidade nasal) e glândulas mucosas Porções dos sistemas urinário e genital (ductos e células-tronco que produzem gametas) Porções do sistema endócrino (timo, glândula tireóide, glândulas paratireóides e pâncreas)



DIA 28

Após um mês, é possível observar o início da maior parte dos sistemas de órgãos. Os papéis de cada uma das camadas germinativas primárias na formação dos órgãos encontram-se resumidos na tabela acima; detalhes são oferecidos nos Resumos de embriologia apresentados posteriormente.

TERMOS CLÍNICOS

Adesões: Conexões fibrosas restritivas que podem resultar de procedimentos cirúrgicos, infecções, ou outras lesões das túnicas serosas.

Anaplasia: Uma modificação irreversível no tamanho e na forma das células teciduais.

Ascite: Acúmulo de líquido peritoneal que gera um aumento característico do perímetro abdominal.

Displasia: Uma modificação na forma, no tamanho e na organização normais de células teciduais.

Derrame (efusão): Acúmulo de líquido nas cavidades do corpo.

Imunoterapia: A administração de drogas que auxiliam o sistema imunológico a reconhecer e atacar células cancerosas.

Lipoaspiração: Procedimento cirúrgico que remove tecido adiposo indesejável por meio da sucção através de um tubo.

Metaplasia: Modificação estrutural que altera a caracterização de um tecido.

Oncologistas: Médicos especialistas no diagnóstico e no tratamento do câncer.

Patologistas: Médicos especialistas em diagnosticar doenças, principalmente a partir de exames de líquidos corporais, amostras teciduais e outras evidências anatômicas.

Pericardite: Uma inflamação do pericárdio.

Peritonite: Uma inflamação do peritônio.

Pleurite (pleurisia): Uma inflamação da pleura.

Quimioterapia: A administração de drogas que matam os tecidos cancerosos ou evitam divisões mitóticas.

Tumor primário (neoplasia primária): Colônia de células em local onde o câncer inicialmente se desenvolve.

Remissão: Estágio em que o tumor pára de crescer ou involui, objetivo do tratamento do câncer.

Tumor secundário: Uma colônia de células cancerosas formadas por metástase; a disseminação de células a partir de um tumor primário.

RESUMO PARA ESTUDO

Introdução 52

1. **Tecidos** são coleções de células especializadas e produtos celulares organizados para desempenhar um número relativamente limitado de funções. Existem quatro **tipos de tecidos primários**: *tecido epitelial, tecido conectivo, tecido muscular* e *tecido nervoso. (ver Figura 3.1)*
2. **Histologia** é o estudo dos tecidos.

Tecido epitelial 52

1. Os **tecidos epiteliais** incluem *epitélios*, que recobrem superfícies, e *glândulas*, que são estruturas secretoras derivadas do epitélio. Um **epitélio** é uma lâmina **avascular** de células que constitui a superfície de revestimento ou cobertura. Os epitélios consistem principalmente em células firmemente interligadas, e quase não apresentam materiais extracelulares. *(ver Figuras 3.2 a 3.10)*
2. As células epiteliais são continuamente substituídas por meio da atividade de células-tronco.

Funções do tecido epitelial 52

3. Os epitélios oferecem proteção física, controlam a permeabilidade, viabilizam sensações e produzem secreções especializadas. **Células glandulares** são células epiteliais (ou células derivadas das mesmas) que produzem secreções.

Especializações das células epiteliais 53

4. As células epiteliais são especializadas em manter a integridade física do epitélio e desempenham funções de secreção e transporte.
5. Os epitélios podem apresentar **polaridade** desde a superfície *basal* até a superfície *apical*; as células conectam-se entre si nas suas *superfícies laterais*; algumas células epiteliais apresentam microvilosidades nas suas superfícies apicais. Freqüentemente existem diferenças estruturais e funcionais entre a superfície apical e as superfícies *basolaterais* de células epiteliais individuais. *(ver Figura 3.2)*
6. O batimento ciliar coordenado observado em um **epitélio ciliado** movimenta materiais ao longo da superfície epitelial. *(ver Figura 3.2)*

Manutenção da integridade do epitélio 54

7. Todos os tecidos epiteliais repousam sobre uma **lâmina basal** subjacente, consistindo em uma *lâmina lúcida* (translúcida), produzida pelas células epiteliais, e geralmente uma *lâmina densa*, mais profunda, secretada pelo tecido conectivo subjacente. Em áreas expostas a intensa abrasão química ou mecânica, divisões de **células germinativas** substituem as células epiteliais de vida mais breve. *(ver Figura 3.3a)*

Classificação dos epitélios 55

8. Os epitélios são classificados tanto com base no número de camadas de células epiteliais quanto no formato das células expostas na sua superfície. *(ver Figuras 3.4 a 3.7)*
9. Um **epitélio simples** apresenta uma única camada de células recobrindo a lâmina basal. Um **epitélio estratificado** apresenta várias camadas. Em um **epitélio escamoso**, as células da superfície são delgadas e planas; em um **epitélio cubóide**, as células assemelham-se a pequenas caixas hexagonais; em um **epitélio colunar**, as células também são hexagonais, porém relativamente altas e delgadas. O **epitélio colunar pseudo-estratificado** contém células colunares, algumas das quais apresentam cílios, e células secretoras de muco que dão uma falsa impressão de estratificação. Um **epitélio de transição** é caracterizado pela mistura do que parece ser tanto células cubóides quanto escamosas, dispostas de modo a permitir estiramento. *(ver Figuras 3.4 a 3.7)*

Epitélios glandulares 58

10. As glândulas podem ser classificadas pelo tipo de secreção produzida, pela estrutura da glândula ou pelos seus modos de secreção. *(ver Figuras 3.8 a 3.10)*
11. Secreções **exócrinas** são liberadas, através de **ductos**, na pele ou em uma superfície epitelial que se comunica com o meio externo; secreções **endócrinas**, conhecidas como **hormônios**, são liberadas por células glandulares no líquido intersticial ao redor da célula.
12. As glândulas exócrinas podem ser classificadas como **serosas** (produzindo uma solução aquosa, geralmente contendo enzimas), **mucosas** (produzindo um muco viscoso) ou **mistas** (produzindo os dois tipos de secreção).
13. Nos epitélios que contêm células glandulares dispersas, as células secretoras individuais são denominadas **glândulas unicelulares**. **Glândulas multicelulares** são epitélios glandulares ou agregações de células glandulares que produzem secreções exócrinas ou endócrinas. *(ver Figuras 3.8/3.9)*
14. Uma célula glandular epitelial pode liberar suas secreções mediante mecanismos merócrino, apócrino ou holócrino. *(ver Figura 3.10)*
15. Em uma **secreção merócrina**, o método mais comum de secreção, o produto é liberado por exocitose. A **secreção apócrina** envolve a perda do produto secretado juntamente com alguma quantidade de citoplasma.

Diferentemente dos dois outros métodos, a **secreção holócrina** destrói a célula, que fica encapsulada com produto secretado antes de romper-se. *(ver Figura 3.10)*

Tecidos conectivos 61

1. Todos os tecidos conectivos apresentam três componentes: células especializadas, **fibras protéicas** extracelulares e **substância fundamental**. A combinação de fibras protéicas e substância fundamental forma a **matriz** do tecido.
2. Enquanto os epitélios são constituídos quase inteiramente por células, a **matriz extracelular** é responsável pela maior parte do volume de um tecido conectivo. Assim, os tecidos conectivos, com exceção do tecido adiposo, são identificados pelas características de sua matriz extracelular.
3. **Tecido conectivo** é um tecido interno com muitas funções importantes, incluindo o estabelecimento de uma estrutura de sustentação; transporte de líquidos e materiais dissolvidos; proteção dos órgãos delicados; sustentação, proteção e interconexão de tecidos; armazenamento de energia; defesa do corpo contra microrganismos.

Classificação dos tecidos conectivos 62

4. O **tecido conectivo próprio** refere-se a todos os tecidos conectivos que contêm populações variadas de células e tipos de fibras em suspensão em uma substância fundamental viscosa. *(ver Figura 3.11)*
5. Os **tecidos conectivos líquidos** apresentam uma população diversificada de células suspensas em uma substância fundamental aquosa contendo proteínas dissolvidas. *Sangue* e *linfa* são exemplos de tecido conectivo líquido. *(ver Figura 3.11)*
6. Os **tecidos conectivos de sustentação** apresentam população celular menos diversificada do que o tecido conectivo próprio. Além disso, apresentam uma matriz densa que contém fibras fortemente agrupadas. Os dois tipos de tecidos conectivos de sustentação são *cartilagem* e *osso*. *(ver Figura 3.11)*

Tecido conectivo próprio 62

7. O tecido conectivo próprio é composto de fibras extracelulares, uma substância fundamental viscosa e duas categorias de células: **células fixas** e **células livres**. *(ver Figura 3.12 e Tabela 3.1)*
8. Existem três tipos de fibras nos tecidos conectivos: **fibras colágenas**, **fibras reticulares** e **fibras elásticas**. *(ver Figuras 3.12/3.14/3.15)*
9. Todos os tecidos conectivos são derivados do **mesênquima** embrionário. *(ver Figura 3.13)*
10. O tecido conectivo próprio inclui os **tecidos conectivos denso** e **frouxo**. Existem três tipos de tecido conectivo frouxo: **tecido areolar**, **tecido adiposo** e **tecido reticular**. A maior parte do volume do tecido conectivo frouxo é de substância fundamental, um líquido viscoso que amortece impactos. A maior parte do volume do tecido conectivo denso consiste em fibras protéicas extracelulares. Existem dois tipos de tecido conectivo denso: **tecido conectivo denso regular**, no qual as fibras são paralelas e alinhadas ao longo das linhas de força, e **tecido conectivo denso irregular**, no qual as fibras formam uma rede emaranhada. (*ver Figuras 3.14/3.15)*

Tecidos conectivos líquidos 68

11. **Sangue** e **linfa** são exemplos de tecidos conectivos líquidos, cada um com uma coleção distinta de células em uma matriz aquosa. Tanto o sangue quanto a linfa contêm células e muitos tipos diferentes de proteínas dissolvidas que não formam fibras insolúveis em condições normais. (*ver Figura 3.16)*
12. O líquido extracelular inclui o **plasma** do sangue; o **líquido intersticial** dentro de outros tecidos conectivos e outros tipos de tecidos; e a **linfa**, que está confinada nos vasos linfáticos.

Tecidos conectivos de sustentação 68

13. Cartilagem e osso são denominados **tecidos conectivos de sustentação** porque sustentam a estrutura do resto do corpo. (*ver Figuras 3.17/3.18)*
14. A matriz da **cartilagem** é um gel firme que contém **sulfato de condroitina**. É produzida por células imaturas denominadas **condroblastos** e mantida por células maduras denominadas **condrócitos**. O revestimento fibroso denominado **pericôndrio** separa a cartilagem dos tecidos adjacentes. A cartilagem cresce por dois mecanismos distintos, **crescimento aposicional** (crescimento na superfície) e **crescimento intersticial** (crescimento interno). *(ver Figura 3.18)*
15. Existem três tipos de cartilagem: **cartilagem hialina**, **cartilagem elástica** e **fibrocartilagem (cartilagem fibrosa)**. (*ver Figura 3.18 e Tabela 3.2)*
16. O **osso (tecido ósseo)** apresenta uma matriz que é composta de fibras colágenas e sais de cálcio, o que lhe confere propriedades únicas. *(ver Figura 3.19)*
17. Os **osteócitos** nas **lacunas** dependem da difusão através das comunicações intercelulares ou **canalículos** para poder receber nutrientes. *(ver Figura 3.19 e Tabela 3.2)*
18. Todas as superfícies ósseas, exceto as que se encontram dentro das cavidades articulares, são revestidas pelo **periósteo**, que apresenta as camadas fibrosa e celular. O periósteo auxilia na conexão dos ossos aos tecidos adjacentes, tendões e ligamentos e participa na reparação do osso após lesão.

Membranas/túnicas 72

1. Membranas/túnicas constituem barreiras ou interfaces. Epitélios e tecidos conectivos combinam-se para formar membranas que revestem e protegem outras estruturas e tecidos. Existem quatro tipos de membranas/túnicas: *túnica mucosa, túnica serosa, pele* e *membrana sinovial. (ver Figura 3.20)*

Túnicas mucosas 72

2. As **túnicas mucosas** revestem vias condutoras que se comunicam com o meio externo, como os tratos digestório e respiratório. As superfícies são geralmente banhadas por secreção mucosa. Elas contêm tecido areolar, denominado **lâmina própria**. *(ver Figura 3.20a)*

Túnicas serosas 72

3. As **túnicas serosas** revestem internamente as paredes das cavidades do corpo e são delicadas, hidratadas e muito permeáveis. Exemplos incluem a pleura, o peritônio e o pericárdio. Cada túnica serosa secreta um líquido denominado **transudato**. *(ver Figura 3.20b)*

Pele 72

4. A **pele** recobre a superfície externa do corpo. Diferentemente de outras membranas, é relativamente espessa, impermeável e em geral seca. *(ver Figura 3.20c)*

Membranas sinoviais 73

5. A **membrana sinovial**, localizada dentro da cavidade das articulações sinoviais, produz **sinóvia** que preenche a cavidade articular. A sinóvia ajuda a lubrificar a articulação e facilita a execução de movimentos suaves em articulações como a do joelho. *(ver Figura 3.20d)*

Tecidos conectivos e estrutura do corpo 73

1. Todos os sistemas de órgãos são interconectados por uma rede de tecido conectivo próprio que inclui a **fáscia superficial** (a **tela subcutânea** ou **hipoderme**, separando a pele dos tecidos e órgãos subjacentes), a **fáscia profunda*** (tecido conectivo denso) e a **tela subserosa** (a camada entre a fáscia profunda e as túnicas serosas que revestem as paredes das cavidades do corpo). *(ver Figura 3.21)*

Tecido muscular 75

1. O **tecido muscular** consiste primariamente em células especializadas para contração. Existem três diferentes tipos de tecido muscular: muscu-

* N. de R.T. Recomendamos ler a nota da página 74.

lar estriado esquelético, muscular estriado cardíaco e muscular liso. *(ver Figura 3.22)*

Tecido muscular estriado esquelético 75

2. O **tecido muscular estriado esquelético** contém fibras musculares cilíndricas grandes, interconectadas por fibras elásticas e colágenas. As fibras musculares esqueléticas apresentam estriações em função da organização das suas proteínas contráteis. Uma vez que podemos controlar voluntariamente a contração das fibras musculares esqueléticas por meio do sistema nervoso, o músculo esquelético é classificado como **músculo estriado voluntário**. Novas fibras musculares são produzidas pela divisão de **células musculares satélites** (mioblastos). *(ver Figura 3.22a)*

Tecido muscular estriado cardíaco 75

3. O **tecido muscular estriado cardíaco** é encontrado apenas no coração. É composto de células uninucleadas, ramificadas e curtas. O sistema nervoso não oferece controle voluntário das células do músculo cardíaco. Assim, o músculo cardíaco é classificado como **músculo estriado involuntário**. *(ver Figura 3.22b)*

Tecido muscular liso 75

4. O **tecido muscular liso** é composto de células curtas e afiladas contendo apenas um núcleo. É encontrado nas paredes dos vasos sangüíneos, nas paredes de órgãos ocos e em camadas ao redor de vários tratos. É classificado como **músculo não-estriado involuntário**. As células do músculo liso podem dividir-se e, portanto, regeneram-se após lesão. *(ver Figura 3.22c)*

Tecido nervoso 77

1. O **tecido nervoso** ou **tecido neural** é especializado na condução de impulsos elétricos de uma área do corpo a outra.
2. O tecido nervoso é constituído por dois tipos de células: neurônios e neuróglia (células da glia). Os **neurônios** transmitem informação como impulsos elétricos. Existem diferentes tipos de **neuróglia**, e entre outras funções, estas células oferecem estrutura de sustentação para o tecido nervoso e desempenham um importante papel no fornecimento de nutrientes para os neurônios. *(ver Figura 3.23)*
3. Os neurônios apresentam um **corpo celular**, ou **soma**, que contém um núcleo grande e proeminente. Muitas ramificações, denominadas **dendritos**, e um único **axônio** ou **fibra nervosa** estendem-se partindo do corpo celular. Os dendritos recebem mensagens aferentes; os axônios conduzem mensagens eferentes para outras células. *(ver Figura 3.23)*

Tecidos, nutrição e envelhecimento 77

1. Os tecidos modificam-se com o avançar da idade. A regeneração e a manutenção tornam-se menos eficientes, ocorrendo alterações na estrutura e na composição química de vários tecidos.

REVISÃO DO CAPÍTULO

Para respostas às questões da Revisão dos Conceitos e Revisão do Capítulo, veja a seção de Respostas na parte final do livro.

Nível 1 – Revisão de fatos e termos

Associe cada item numerado com a letra do item que melhor se relaciona. Utilize letras para as respostas nos espaços apropriados.

Coluna A	**Coluna B**
__ 1. músculo esquelético	a. todos os epitélios
__ 2. mastócito	b. camada celular única
__ 3. avascular	c. bexiga urinária
__ 4. transição	d. célula destruída
__ 5. células caliciformes	e. componente do tecido conectivo
__ 6. colágeno	f. glândula exócrina, unicelular
__ 7. cartilagem	g. tendão
__ 8. epitélio simples	h. célula livre
__ 9. substância fundamental	i. lacunas
__10. secreção holócrina	j. estriado

11. As células epiteliais não:
    (a) recobrem toda a superfície exposta do corpo
    (b) revestem os tratos digestório, respiratório, genital e urinário
    (c) revestem as superfícies externas dos vasos sangüíneos e coração
    (d) revestem cavidades e vias internas

12. Qual dos seguintes itens refere-se ao tecido conectivo denso que forma as cápsulas envoltórias de muitos órgãos?
    (a) fáscia superficial
    (b) hipoderme
    (c) fáscia profunda
    (d) tela subserosa

13. A redução do atrito entre as superfícies das paredes de uma cavidade do corpo e da víscera é função:
    (a) da pele
    (b) das túnicas mucosas
    (c) das túnicas serosas
    (d) das membranas sinoviais

14. Qual dos seguintes itens não é uma característica das células epiteliais?
    (a) podem consistir em uma única ou em múltiplas camadas celulares
    (b) sempre apresentam uma superfície livre, exposta ao meio externo ou a alguma câmara ou via interna
    (c) são avasculares
    (d) consistem em algumas poucas células mas apresentam grande quantidade de material extracelular

15. As funções do tecido conectivo incluem cada um dos seguintes itens, exceto:
    (a) estabelecer uma estrutura de sustentação para o corpo
    (b) transportar líquidos e materiais dissolvidos
    (c) armazenar reservas de energia
    (d) propiciar sensações

16. Qual dos seguintes itens não é uma propriedade do tecido muscular liso?
    (a) é composto de pequenas células com extremidades afiladas
    (b) apresenta células com núcleos numerosos e de formato irregular
    (c) pode repor células e se regenera após lesão
    (d) contrai com ou sem estimulação nervosa

17. Modificações teciduais próprias do envelhecimento incluem:
    (a) diminuição da capacidade regenerativa
    (b) menor eficiência da manutenção tecidual
    (c) epitélios mais finos
    (d) todas as anteriores

18. Que tipo de tecido de sustentação é encontrado na orelha e no ápice do nariz?
    (a) osso
    (b) fibrocartilagem
    (c) cartilagem elástica
    (d) cartilagem hialina

19. Um epitélio é conectado ao tecido conectivo subjacente por:
    (a) uma lâmina basal
    (b) canalículos
    (c) estereocílios
    (d) proteoglicanos

20. Qual dos seguintes itens são células livres encontradas no tecido conectivo próprio?
    (a) macrófagos fixos
    (b) células mesenquimais e adipócitos
    (c) fibroblastos e melanócitos
    (d) eosinófilos, neutrófilos e mastócitos

Nível 2 – Revisão dos conceitos

1. Como a função de um tecido do corpo difere da função de uma célula individual?

2. Uma camada de glicoproteínas e uma rede de filamentos protéicos finos que desempenham funções limitadas agem conjuntamente como uma barreira que restringe o movimento de proteínas e outras moléculas grandes do tecido conectivo para o epitélio. Isso descreve a estrutura e função de:
    (a) canais de interface
    (b) lâmina reticular
    (c) lâmina basal
    (d) tecido areolar

3. As células do tecido conectivo que respondem a lesão ou infecção dividindo-se para formar células-filhas que se diferenciam em outros tipos de células são:
    (a) mastócitos
    (b) fibroblastos
    (c) plasmócitos
    (d) células mesenquimais

4. Como funciona um tendão?

5. Qual é a diferença entre as secreções exócrina e endócrina?

6. Qual é a importância dos cílios no epitélio respiratório?

7. Por que razão não há distorção ou lesão dos músculos subjacentes ao se apertar a pele?

8. Em que um tendão difere de uma aponeurose?

9. O que são células germinativas e qual é a sua função?

Nível 3 – Pensamento crítico

1. A análise de uma secreção glandular indica que ela contém algum DNA, RNA e componentes de membrana, como fosfolipídeos. Que tipo de secreção é esta e por quê?

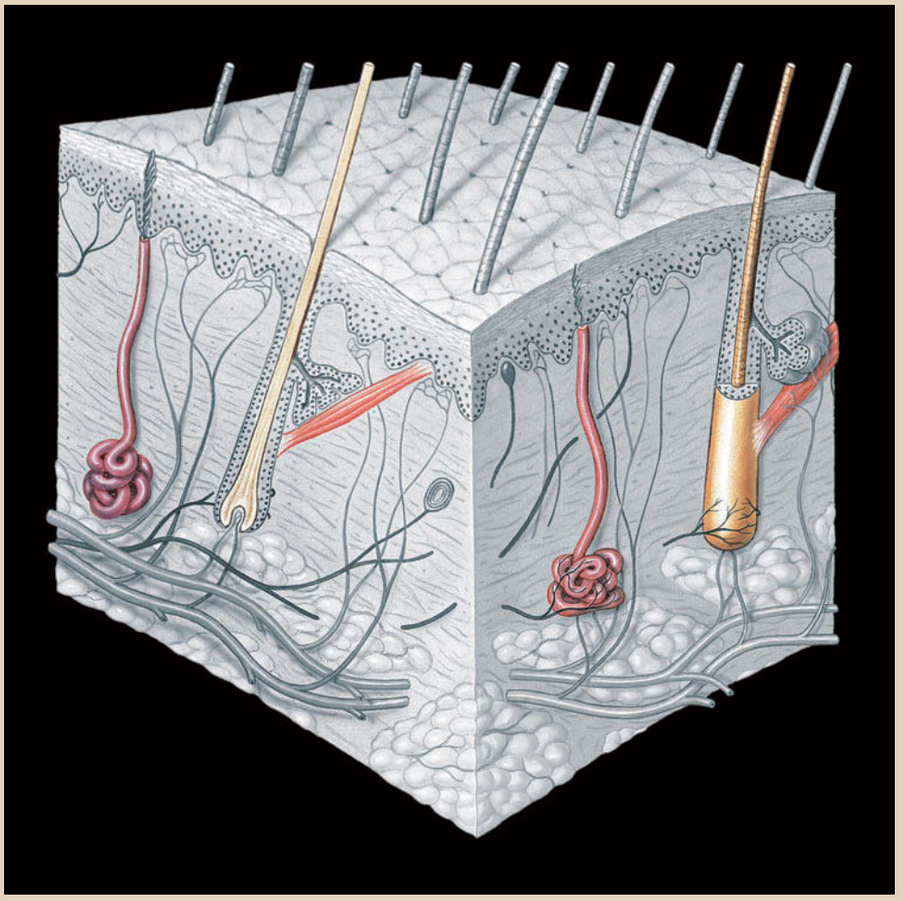
2. Durante um exame laboratorial, um estudante observa uma secção de tecido que apresenta muitas fibras protéicas agrupadas densamente e dispostas paralelamente. Não há núcleos nem estriações e não há evidências de outras estruturas celulares. O estudante identifica o tecido como músculo esquelético. Por que a identificação feita pelo estudante está errada, e que tecido foi observado?

3. Fumar destrói os cílios encontrados em muitas células do epitélio respiratório. De que forma isso contribui para a "tosse do fumante"?

4. Por que o risco de vida é maior em isquemias (falta de oxigenação) do músculo cardíaco do que em isquemias dos músculos esqueléticos?

4

Tegumento Comum



OBJETIVOS DO CAPÍTULO:

1. Descrever e comparar a estrutura e as funções da pele e do tecido conectivo subjacente.
2. Descrever os quatro tipos de células primárias encontradas na epiderme.
3. Explicar os fatores que contribuem para as diferenças individuais e raciais na pele, como a cor.
4. Discutir os efeitos da radiação ultravioleta na pele e o papel desempenhado pelos melanócitos no que concerne a este assunto.
5. Descrever a organização da derme.
6. Discutir os componentes dérmicos, inclusive suprimento sangüíneo e nervoso.
7. Descrever a estrutura da tela subcutânea (hipoderme) e sua importância.
8. Discutir a anatomia e as funções das estruturas acessórias da pele: pêlos, glândulas e unhas.
9. Descrever os mecanismos que produzem os pêlos e determinam sua cor e textura.
10. Comparar e diferenciar glândulas sebáceas e sudoríferas.
11. Descrever como funcionam as glândulas sudoríferas do tegumento comum na regulação da temperatura do corpo.
12. Explicar como a pele responde a lesões e se regenera.
13. Resumir os efeitos do envelhecimento na pele.

Introdução 89

Estrutura e função do tegumento comum 90

A epiderme 90

A derme 95

A tela subcutânea 97

Estruturas acessórias 98

Controle local da função do tegumento comum 105

Envelhecimento e tegumento comum 105

O **tegumento comum** é composto de pele e seus derivados: pêlos, unhas e glândulas sudoríferas, sebáceas e mamas. Ainda que subestimado, este é provavelmente o sistema de órgãos mais observado em detalhes. Este é o único sistema que vemos todos os dias, quase que em sua totalidade. Uma vez que esse sistema também pode ser visto por outras pessoas, dedica-se muito tempo em melhorar a aparência do tegumento comum e suas estruturas associadas. Lavar o rosto, escovar os dentes e aparar os cabelos, tomar banho e maquiar-se são atividades que modificam a aparência ou as propriedades do tegumento comum.

A maioria das pessoas usa a aparência geral da pele para estimar a saúde geral e a idade de alguém que acaba de conhecer – pele saudável apresenta uma aparência suave e peles jovens apresentam poucas rugas. A pele também evidencia o estado emocional, como quando ocorre rubor por constrangimento ou raiva. Quando algo de errado ocorre com a pele, os efeitos são imediatamente aparentes. Mesmo alterações ou marcas relativamente sem importância serão imediatamente notadas, enquanto doenças mais sérias em outros sistemas são muitas vezes ignoradas. (Esta é provavelmente a razão pela qual comerciais de televisão dedicam tanto tempo para o controle da acne, uma alteração temporária da pele que é publicamente exposta, e não para o controle da pressão arterial, um problema cardiovascular potencialmente fatal, que seria mais fácil de passar despercebido.) A pele espelha a saúde geral de outros sistemas, e os clínicos utilizam-se da aparência da pele para detectar sinais de doenças. Por exemplo, a coloração da pele modifica-se quando ocorrem doenças que acometem o funcionamento do fígado.

Contudo, a pele tem mais do que apenas uma função cosmética. Ela protege contra o ambiente externo e auxilia no controle de temperatura do corpo. Outras importantes funções da pele ficarão claras conforme examinarmos a anatomia funcional do tegumento comum neste capítulo.

Nota clínica

Exame da pele Ao examinar um paciente, o dermatologista usa uma combinação de questões investigativas ("O que tem entrado em contato com sua pele ultimamente?" ou "Qual a sensação?") e um exame físico para chegar a um diagnóstico. A condição da pele é cuidadosamente observada. Notas são tomadas sobre a presença de lesões, que são modificações na estrutura da pele causadas por traumas ou processos patológicos. Lesões são também denominadas **sinais da pele** porque são anomalias visíveis e mensuráveis da superfície cutânea.

A distribuição das lesões pode ser uma pista importante para se determinar a origem do problema. Por exemplo, no *herpes-zóster*, vesículas cutâneas ocorrem em áreas inervadas por nervos sensoriais periféricos. Um anel de lesões escamosas (pápulas), levemente salientes, é típico de infecções por fungos que podem afetar o tronco, o couro cabeludo ou as unhas. Sinais na superfície da pele, assim como sinais envolvendo órgãos acessórios da pele, também podem ser importantes. Por exemplo:

- As unhas apresentam formato característico que pode se modificar devido a uma alteração subjacente. Um exemplo é uma condição patológica conhecida como *unha em vidro de relógio,* um sinal freqüente de *enfisema* ou *insuficiência cardíaca congestiva*. Nestas patologias, as pontas dos dedos se alargam e as unhas tornam-se curvas.
- A condição do cabelo pode ser indicativa do estado geral de saúde de um indivíduo. Por exemplo, despigmentação e espessamento do cabelo ocorrem devido à deficiência de proteína na doença de *kwashiorkor*.

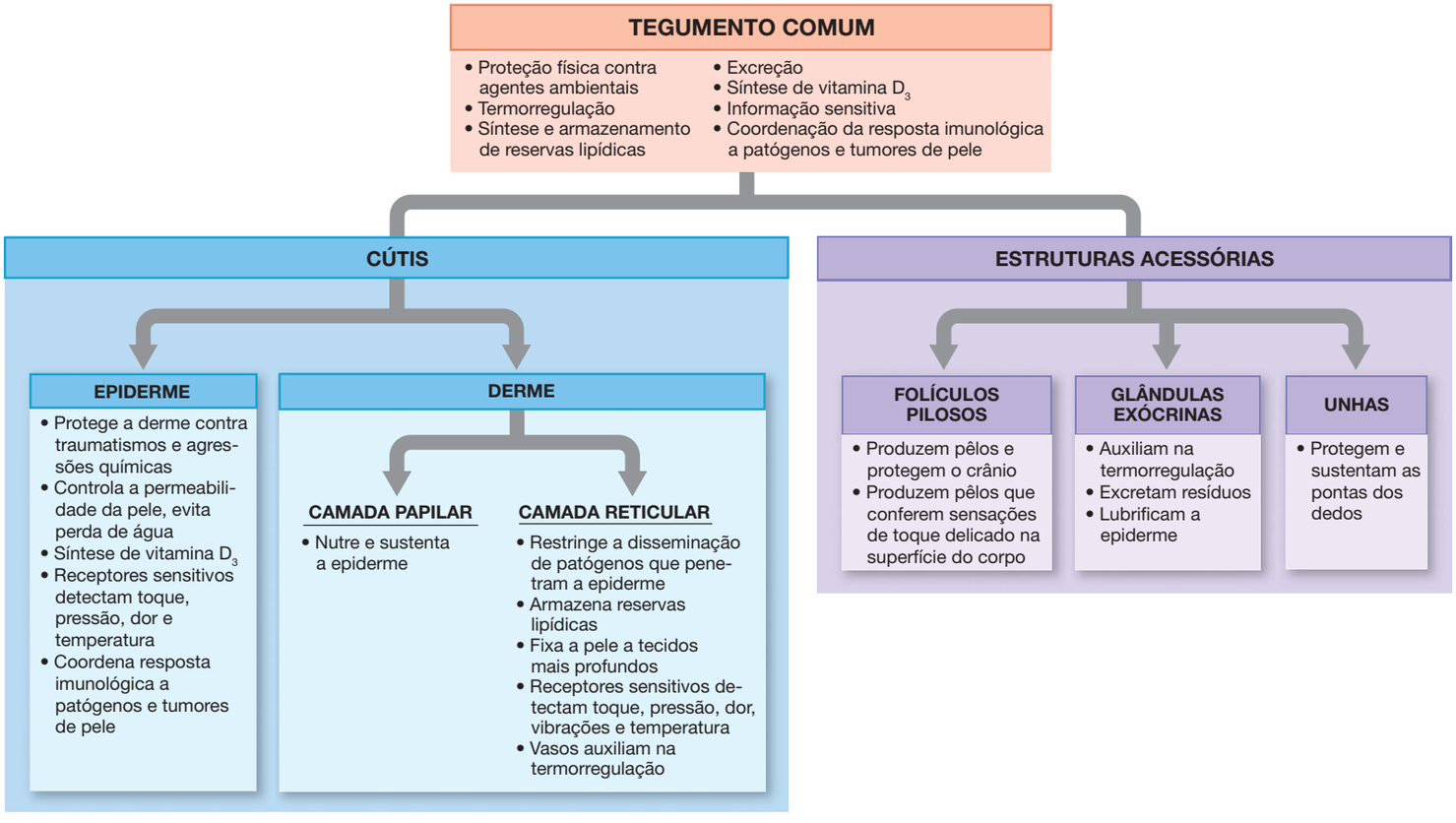


Figura 4.1 Organização funcional do tegumento comum.
Esquema representativo das relações entre os componentes do tegumento comum.

Estrutura e função do tegumento comum [Figura 4.1]

O tegumento comum recobre toda a superfície do corpo, incluindo as superfícies anteriores dos olhos e as membranas timpânicas na terminação do meato acústico externo. Nas narinas, nos lábios, no canal anal, no óstio da uretra e da vagina, o tegumento comum interioriza-se e encontra as túnicas mucosas de revestimento dos tratos respiratório, digestório, urinário e genital, respectivamente. Nestas regiões, a transição é contínua, sem divisões aparentes, e as defesas epiteliais permancem intactas e funcionais.

Todos os quatro tipos de tecidos são encontrados no tegumento comum. Um epitélio recobre sua superfície, e tecidos conectivos subjacentes lhe conferem força e resiliência. Os vasos sangüíneos no tecido conectivo nutrem as células epidérmicas. O tecido muscular liso no tegumento comum controla o diâmetro dos vasos sangüíneos e ajusta a posição dos pêlos que se projetam acima da superfície do corpo. O tecido nervoso controla estes músculos lisos e monitora os receptores propiciando as sensações de tato, pressão, temperatura e dor.

O tegumento comum apresenta numerosas funções, incluindo proteção física, regulação térmica do corpo, excreção (secreção), nutrição (síntese), sensação e defesa imunológica. A Figura 4.1 apresenta a organização funcional do tegumento comum. O tegumento comum apresenta dois grandes componentes, a *pele* (membrana cutânea) e as *estruturas acessórias*.

1. A **pele** apresenta dois componentes, o epitélio superficial, denominado **epiderme** (*epi*, acima + *derma*, pele), e o tecido conectivo subjacente da **derme**. Profundamente à derme, o tecido conectivo frouxo da tela subcutânea, também conhecido como "fáscia superficial", ou *hipoderme*, separa a pele da fáscia profunda em torno de outros órgãos, como músculos e ossos. pág. 74 Apesar de não ser geralmente considerada como parte do tegumento comum, consideraremos a tela subcutânea neste capítulo em função de suas extensas interconexões com a derme.
2. As **estruturas acessórias** incluem os pêlos, as unhas e uma variedade de glândulas exócrinas multicelulares. Estas estruturas encontram-se localizadas na derme e projetam-se através da epiderme até a superfície.

A epiderme [Figura 4.2]

A epiderme da pele consiste em um epitélio escamoso estratificado, como se observa na Figura 4.2. Há quatro tipos de células na epiderme: *queratinócitos*, *melanócitos*, *células de Merkel* e *células de Langerhans*. As células epiteliais mais abundantes são os **queratinócitos**, que formam muitas camadas diferentes. Os limites precisos entre elas são geralmente de difícil visualização em micrografias de luz. Na *pele espessa*, encontrada nas palmas das mãos e plantas dos pés, cinco camadas podem ser distintas. Apenas quatro camadas podem ser diferenciadas na *pele delgada* que recobre o resto do corpo. Melanócitos são células de produção de pigmento na epiderme. As células de Merkel detectam sensações, enquanto as células de Langerhans são células fagocitárias. Todas essas células estão dispersas entre os queratinócitos.

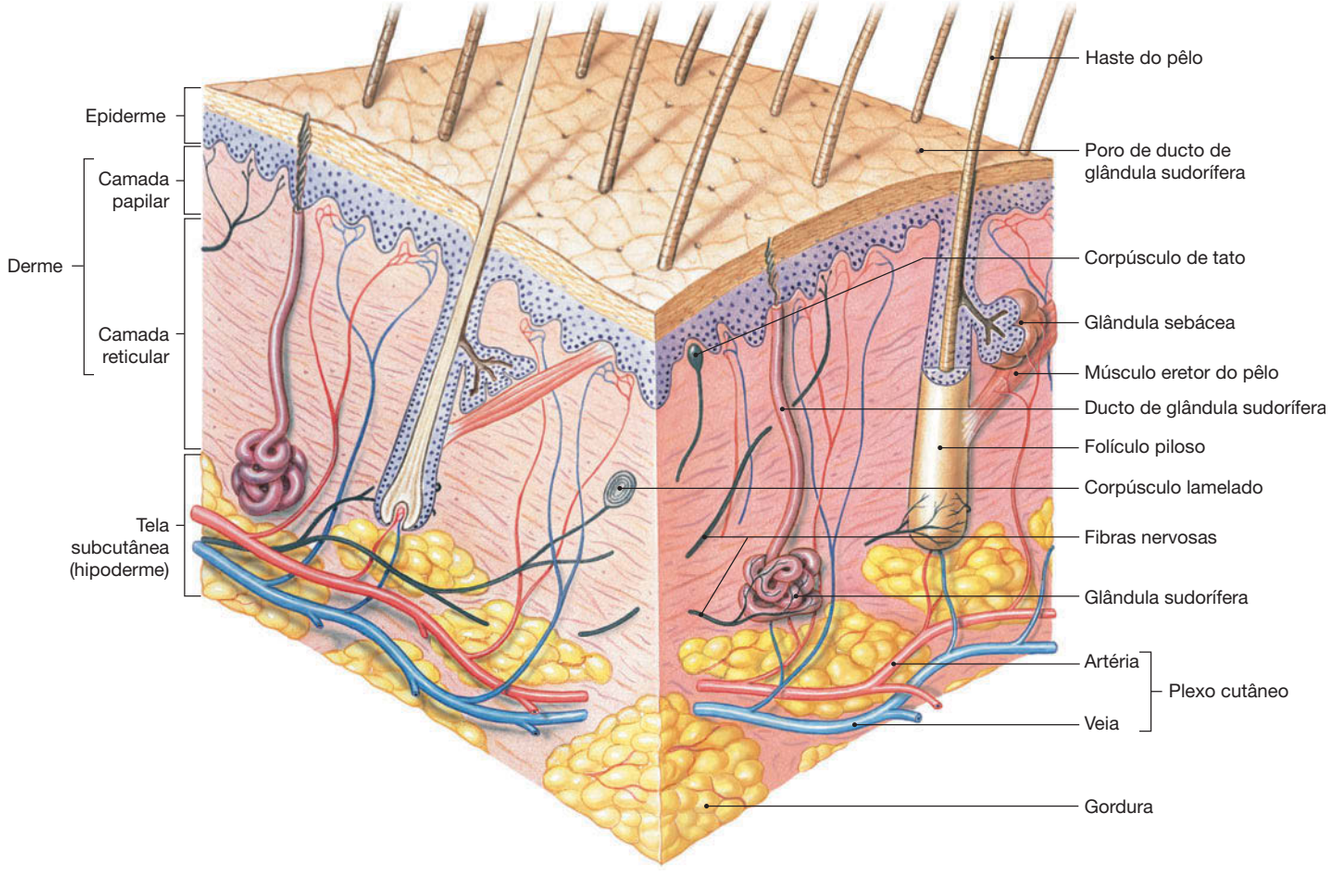


Figura 4.2 Componentes do tegumento comum.
Relações entre os principais componentes do tegumento comum (com exceção das unhas, mostradas na Figura 4.15). A epiderme é um epitélio escamoso estratificado queratinizado que recobre a derme, uma região de tecido conectivo que contém glândulas, folículos pilosos e receptores (terminações nervosas sensitivas). Subjacente à epiderme, está a tela subcutânea, que contém gordura e vasos sangüíneos que suprem a derme.

Camadas da epiderme [Figura 4.3 e Tabela 4.1]

Acompanhe a Figura 4.3 e a Tabela 4.1 juntamente com a descrição das camadas em uma secção de pele espessa. Partindo-se da lâmina basal até a superfície externa epitelial, encontra-se o *estrato basal* (*germinativo*), o *estrato espinhoso*, o *estrato granuloso*, o *estrato lúcido* e o *estrato córneo*.

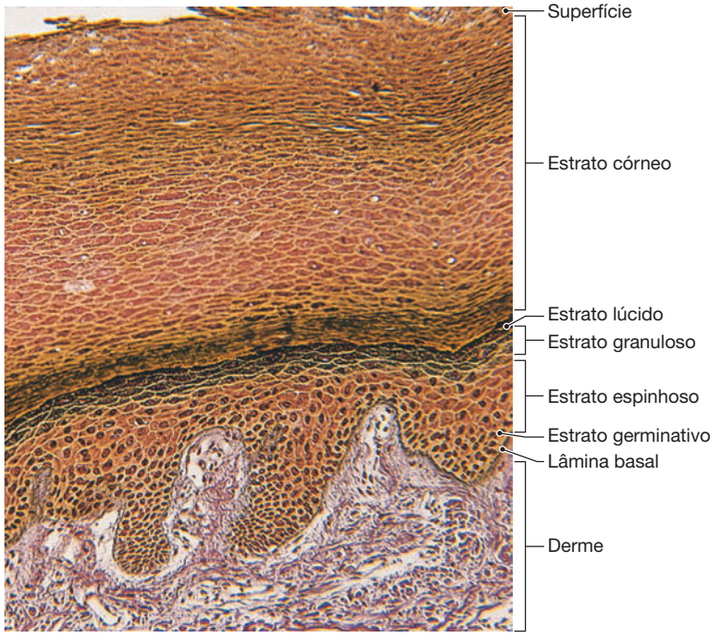


Figura 4.3 A estrutura da epiderme.
Micrografia de luz mostrando as principais camadas das células epidérmicas na pele espessa.

TABELA 4.1 Camadas epiteliais

Camada	Características
Estrato basal (germinativo)	Camada basal, mais interna Conectado à lâmina basal Contém células-tronco epidérmicas, melanócitos e células de Merkel
Estrato espinhoso	Os queratinócitos são ligados entre si por máculas de adesão (desmossomos), conectadas a tonofilamentos do citoesqueleto Alguns queratinócitos dividem-se nestas camadas Células de Langerhans e melanócitos estão freqüentemente presentes
Estrato granuloso	Os queratinócitos produzem querato-hialina e queratina As fibras de queratina desenvolvem-se como células mais finas e mais planas Gradualmente as membranas celulares tornam-se mais espessas, as organelas desintegram-se e as células morrem
Estrato lúcido	Aparece como uma camada vítrea apenas na pele espessa
Estrato córneo	Múltiplas camadas de queratinócitos planificados, mortos e conectados Em geral é relativamente seco Resistente à água, mas não impermeável Permite perda de água lenta por perspiração insensível

Estrato germinativo

A camada mais interna é o **estrato basal (germinativo)**. Essa camada está firmemente aderida à lâmina basal que separa a epiderme do tecido conectivo frouxo da derme adjacente. Grandes células-tronco, ou *células basais*, dominam o estrato basal. As divisões das células-tronco substituem os queratinócitos mais superficiais que são perdidos ou destacados da superfície epitelial. Os tons de pardo encontrados na superfície da pele resultam da atividade de síntese realizada pelos *melanócitos*, células pigmentares apresentadas no Capítulo 3. pág. 62 Os melanócitos encontram-se dispersos entre as células basais do estrato basal. Eles apresentam numerosos processos citoplasmáticos que injetam *melanina*, um pigmento amarelo, amarelo-pardo ou pardo, dentro dos queratinócitos nesta camada e em camadas mais superficiais. A proporção de melanócitos em relação a células germinativas varia entre 1:4 e 1:20, dependendo da região examinada. São mais abundantes nas bochechas, na fronte, nos mamilos e na região genital. Diferenças individuais e raciais na coloração da pele resultam de diferentes níveis de atividade dos melanócitos, e não de números diferentes de melanócitos. Mesmo indivíduos *albinos* apresentam números normais de melanócitos. (O albinismo é uma doença hereditária na qual os melanócitos são incapazes de produzir melanina; afeta aproximadamente uma pessoa em 10.000.)

A superfície da pele que não apresenta pêlos contém células epiteliais especializadas conhecidas como **células de Merkel**. Essas células são encontradas entre as células profundas do estrato basal. Elas são sensíveis ao toque e, quando pressionadas, liberam substâncias químicas que estimulam as terminações nervosas sensoriais, viabilizando informações sobre objetos que tocam a pele. (Há muitos outros tipos de receptores de toque, mas eles estão localizados na derme e serão apresentados posteriormente. Todos os receptores do tegumento comum estão descritos no Capítulo 18.)

Estrato espinhoso

Cada vez que uma célula-tronco se divide, uma célula-filha é empurrada para a próxima camada mais superficial, o **estrato espinhoso** ("camada espinhosa"), onde começa a diferenciar-se para tornar-se um queratinócito. O estrato espinhoso apresenta muitas camadas e é relativamente espesso. Cada queratinócito no estrato espinhoso contém fascículos de filamentos de proteína que se estendem de um lado a outro da célula. Esses fascículos, denominados *tonofilamentos*, começam e terminam na mácula de adesão (desmossomos) que conectam os queratinócitos às células vizinhas. Os tonofilamentos, assim, agem como cintas cruzadas, fortalecendo e sustentando as junções celulares. Todos os queratinócitos no estrato espinhoso são unidos por esta rede de mácula de adesão e tonofilamentos interconectados. Procedimentos histológicos padrão, usados para preparar tecidos para análise microscópica, reduzem o citoplasma, mas deixam intactos os tonofilamentos e as máculas de adesão. Isso faz com que as células se pareçam com alfineteiras em miniatura, o que explica por que os histologistas utilizam o termo "espinhoso" em suas descrições.

Algumas células que entram nestas camadas advindas do estrato basal continuam a dividir-se, aumentando ainda mais a espessura do epitélio. Os melanócitos são comuns nessas camadas, assim como são as **células de Langerhans**, porém estas últimas não podem ser diferenciadas em preparações histológicas padrão. As células de Langerhans, responsáveis por 3 a 8% das células da epiderme, são mais comuns na porção superficial do estrato espinhoso. Essas células desempenham uma importante função no início da resposta imunológica contra (1) patógenos que penetram as camadas superficiais da epiderme e (2) células epidérmicas neoplásicas.

Estrato granuloso

A camada de células superficial ao estrato espinhoso é o **estrato granuloso** ("camada granular"). O estrato granuloso é constituído por querati-

Nota clínica

Distúrbios da produção de queratina Nem todos os sinais da pele são resultantes de infecção, trauma, ou alergia; alguns são respostas normais a fatores ambientais. Uma resposta comum é a produção excessiva de queratina, um processo denominado **hiperqueratose**. Os efeitos mais óbvios – calosidades e calos – são facilmente observáveis. Calosidades são espessamentos que aparecem em peles já espessas, como as palmas das mãos ou calcâneo e plantas dos pés, em resposta a abrasão mecânica crônica e distorção de posição. Calos são áreas mais localizadas de produção excessiva de queratina, que se formam em áreas de pele delgada, sobre ou entre os dedos.

Na psoríase, células-tronco do estrato germinativo são em geral ativas, causando hiperqueratose em áreas específicas, freqüentemente o couro cabeludo, cotovelos, palmas das mãos, plantas dos pés, região inguinal ou unhas. Normalmente as células-tronco individuais dividem-se uma vez a cada 20 dias, mas, na psoríase, a divisão pode acontecer a cada dia e meio. A queratinização é anormal e tipicamente incompleta quando ocorre a descamação das camadas externas. As áreas afetadas apresentam bases avermelhadas recobertas com um grande número de pequenas escamas brilhantes que se desprendem continuamente. A psoríase desenvolve-se em 20 a 30% de indivíduos com uma tendência hereditária para a doença. Em torno de 5% da população americana apresenta algum grau de psoríase, freqüentemente agravado por estresse e ansiedade. Muitos casos são indolores e controláveis, mas não curáveis.

A **xerose**, ou pele seca, é uma queixa comum entre idosos e pessoas que vivem em climas áridos. Na xerose, o plasmalema na camada externa da pele gradualmente deteriora-se e o estrato córneo fica mais parecido com uma coleção de escamas do que com uma única lâmina. A superfície escamosa é muito mais permeável do que uma camada intacta de queratina, e a velocidade de perspiração insensível aumenta. Em pessoas com xerose severa, a velocidade de perspiração insensível pode aumentar em até 75 vezes.

Uma pressão sobre a pele, outra forma de estresse, pode produzir *úlceras de decúbito* ou *escaras*. *Decúbito* significa "deitar-se"; uma *úlcera* é uma perda localizada do epitélio. A úlcera de decúbito forma-se onde os vasos sangüíneos da derme são comprimidos contra estruturas profundas, como ossos e articulações, de forma que a circulação local é reduzida a ponto de danificar os tecidos dependentes.

nócitos deslocados do estrato espinhoso. Quando as células alcançam essa camada, elas começam a manufaturar grandes quantidades de proteínas, **querato-hialina** e **queratina** (*keros*, chifre). A querato-hialina acumula-se em grânulos eletrodensos denominados *grânulos de querato-hialina*. Esses grânulos formam uma matriz extracelular que circunda os filamentos de queratina. Enquanto os grandes filamentos de queratina desenvolvem-se dentro deles, os queratinócitos tornam-se gradualmente mais finos e mais planos. As membranas celulares tornam-se mais espessas e menos permeáveis. O núcleo e outras organelas então desintegram-se, as células morrem e sua subseqüente desidratação cria uma camada firmemente interconectada de fibras de queratina circundadas por querato-hialina entre duas membranas fosfolipídicas.

A velocidade de síntese de querato-hialina e queratina pelos queratinócitos é freqüentemente influenciada por fatores ambientais. O aumento do atrito da pele estimula a síntese de querato-hialina e queratina por queratinócitos dentro do estrato granuloso. Isso resulta em um espessamento localizado da pele e na formação de *calosidades* (também denominadas *clavus*), como se observa nas palmas das mãos de levantadores de peso ou nos "nós dos dedos" de esportistas praticantes de boxe ou caratê.

Em humanos, a queratina forma o componente estrutural básico dos pêlos e das unhas. É uma substância muito versátil e, em outros vertebrados, forma as garras de cães e gatos, os chifres dos rinocerontes, as penas dos pássaros, as escamas das serpentes, as barbatanas das baleias e uma variedade de outras estruturas epidérmicas interessantes.

Estrato lúcido

Na pele espessa das palmas das mãos e plantas dos pés, um **estrato lúcido** vítreo (camada vítrea) recobre o estrato granuloso. As células nesta camada são planificadas, densamente comprimidas e preenchidas com queratina, porém elas não coram adequadamente em preparações histológicas padrão.

Estrato córneo

O **estrato córneo** (*cornu*, chifre) é encontrado na superfície tanto da pele delgada quanto da espessa. Consiste em 15 a 30 camadas de células interconectadas, planificadas e mortas. Uma vez que as interconexões estabelecidas no estrato espinhoso permanecem intactas, as células costumam desprender-se em grandes grupos ou lâminas, muito mais do que individualmente.

Um epitélio contendo grande quantidade de queratina é dito **queratinizado** ou *cornificado* (*cornu*, chifre + *facere*, fazer). Em geral, o estrato córneo é relativamente seco, o que torna a superfíce imprópria para o crescimento de muitos microrganismos. A manutenção desta barreira envolve a cobertura da superfície com as secreções das glândulas do tegumento comum (glândulas sebáceas e sudoríferas, discutidas posteriormente). O processo de **queratinização** ocorre em todos os locais de superfície de pele exposta, exceto sobre as superfícies anteriores dos olhos.

Ainda que o estrato córneo seja resistente à água, ele não é impermeável, e a água advinda do líquido intersticial lentamente penetra a superfície, para ser evaporada em contato com o ar do ambiente. Este processo, chamado de perspiração insensível, é responsável pela perda de aproximadamente 500 mL de água por dia.

São necessários cerca de 15 a 30 dias para uma célula partir do estrato germinativo e atingir o estrato córneo. As células mortas geralmente permanecem na camada exposta do estrato córneo ainda por duas semanas até que sejam eliminadas ou esfoliadas. Assim, as porções mais profundas do epitélio – e todos os tecidos subjacentes – estão sempre protegidos por uma barreira composta por células mortas, expansíveis e duráveis.

A natureza protetora da pele é mais facilmente observável e compreendida quando grandes áreas da pele são perdidas após lesão, como em uma queimadura grave. Após queimaduras de segundo grau (espessura parcial) ou de terceiro grau (espessura total), os médicos precisam preocupar-se com a absorção de substâncias tóxicas, a perda excessiva de líquidos e infecções nos locais da queimadura, todos problemas clínicos resultantes da perda da função protetora da pele.

REVISÃO DOS CONCEITOS

1. A descamação excessiva de células na camada externa da pele no couro cabeludo causa caspa. Qual é o nome dessa camada da pele?
2. Ao pegar um pedaço de madeira, uma lasca penetra na pele da palma da sua mão e aloja-se na terceira camada da epiderme. Identifique essa camada.
3. Quais são as duas maiores subdivisões do tegumento comum e quais são os componentes de cada subdivisão?
4. O que é queratinização? Quais são os estágios deste processo?

Veja a seção de Respostas na parte final do livro.

Nota clínica

Administração transdérmica de drogas Drogas solúveis em óleo ou outros solventes de lipídeos podem penetrar na epiderme. O movimento é lento, particularmente através das camadas das membranas celulares no estrato córneo, mas, uma vez que a droga atinge o tecido subjacente, será absorvida para a circulação. Uma técnica útil envolve a colocação de um adesivo cutâneo, contendo uma droga, sobre uma área de pele delgada. Para compensar a relativa lentidão da difusão, o adesivo cutâneo precisa conter uma concentração extremamente elevada da droga. Este procedimento, chamado de *administração transdérmica de drogas*, apresenta a vantagem de que um único adesivo cutâneo pode agir por vários dias, eliminando a necessidade da administração diária de pílulas. A *escopolamina*, uma droga que atua no sistema nervoso, é administrada transdermicamente para controlar a náusea associada ao enjôo por movimento. A *nitroglicerina* transdérmica pode ser utilizada para melhorar o fluxo sangüíneo dentro do músculo cardíaco e previne ataques cardíacos. O *estrógeno* transdérmico pode ser utilizado para reduzir a perda óssea em mulheres na pós-menopausa. A *nicotina* transdérmica pode ser administrada para controlar o desejo por tabaco, facilitando o processo de cessação do tabagismo.

Pele espessa e delgada [Figura 4.4]

Nas descrições de pele, os termos *espessa* e *delgada* referem-se à espessura relativa da epiderme, não do tegumento como um todo. A maior parte do corpo é recoberta por **pele delgada**. Em uma amostra de pele delgada, apenas quatro camadas estão presentes porque o estrato lúcido está tipicamente ausente. Aqui a epiderme apresenta apenas 0,08 mm de espessura, e o estrato córneo apresenta apenas algumas camadas celulares de profundidade (Figura 4.4a,b). A **pele espessa** nas palmas das mãos pode ser recoberta por 30 ou mais camadas de células queratinizadas. Como resultado, a epiderme nestas regiões apresenta todas as cinco camadas e pode ser até seis vezes mais espessa do que a epiderme que recobre as outras superfícies do corpo (Figura 4.4c).

Cristas da pele [Figuras 4.4/4.5]

O estrato germinativo forma as **cristas da pele** que se estendem para dentro da derme, aumentando a área de contato entre as duas regiões. As projeções que partem da derme para a epiderme, denominadas **papilas da derme** (*papilla*, projeções arredondadas com formato de mamilo), estendem-se entre as cristas adjacentes como indicado na Figura 4.4a,c.

Os contornos da superfície da pele acompanham o padrão das cristas, que variam de pequenas pregas cônicas (na pele delgada) aos complexos verticilos, identificados na pele espessa das palmas das mãos e plantas dos pés. As cristas nas palmas das mãos e plantas dos pés aumentam a área de superfície da pele e aumentam o atrito, assegurando maior aderência e firmeza. As formas das cristas são determinadas geneticamente: cada pessoa apresenta padrões únicos e imutáveis ao longo da vida. Os padrões das cristas das impressões digitais das pontas dos dedos (Figura 4.5) podem, portanto, ser utilizados para identificar indivíduos e têm sido usados em investigações criminais há mais de cem anos.

Cor da pele [Figura 4.6]

A cor da pele se deve a uma combinação (1) do suprimento sangüíneo da derme, (2) da espessura do estrato córneo e (3) de quantidades variáveis de dois pigmentos, *caroteno* e *melanina*. O sangue contém células vermelhas que transportam a proteína hemoglobina. Quando ligada ao oxigênio, a hemoglobina apresenta uma coloração vermelha viva, conferindo aos vasos sangüíneos da derme uma coloração avermelhada, que pode ser vista mais facilmente em indivíduos de pele clara. Quando esses vasos se dilatam, como ocorre em processos inflamatórios, os tons vermelhos ficam mais pronunciados.

A quantidade de melanina e caroteno produzidos é controlada geneticamente. A variação na expressão destes genes herdados determina a coloração da pele de um indivíduo.

Suprimento sangüíneo da derme Quando o suprimento sangüíneo é temporariamente reduzido, a pele torna-se relativamente pálida; um indivíduo branco, assustado, pode ficar ainda mais branco por causa de uma diminuição repentina do suprimento sangüíneo à pele. Durante uma redução prolongada do suprimento sangüíneo, o sangue nos vasos superficiais perde oxigênio e a hemoglobina muda sua cor para um tom de vermelho mais escurecido. A superfície da pele assume uma coloração azulada, denominada **cianose** (*kyanos*, azul). Em indivíduos de qualquer cor de pele, a cianose é mais aparente em áreas de pele delgada, como nos lábios ou sob as unhas. Isso pode ocorrer como resposta ao frio extremo

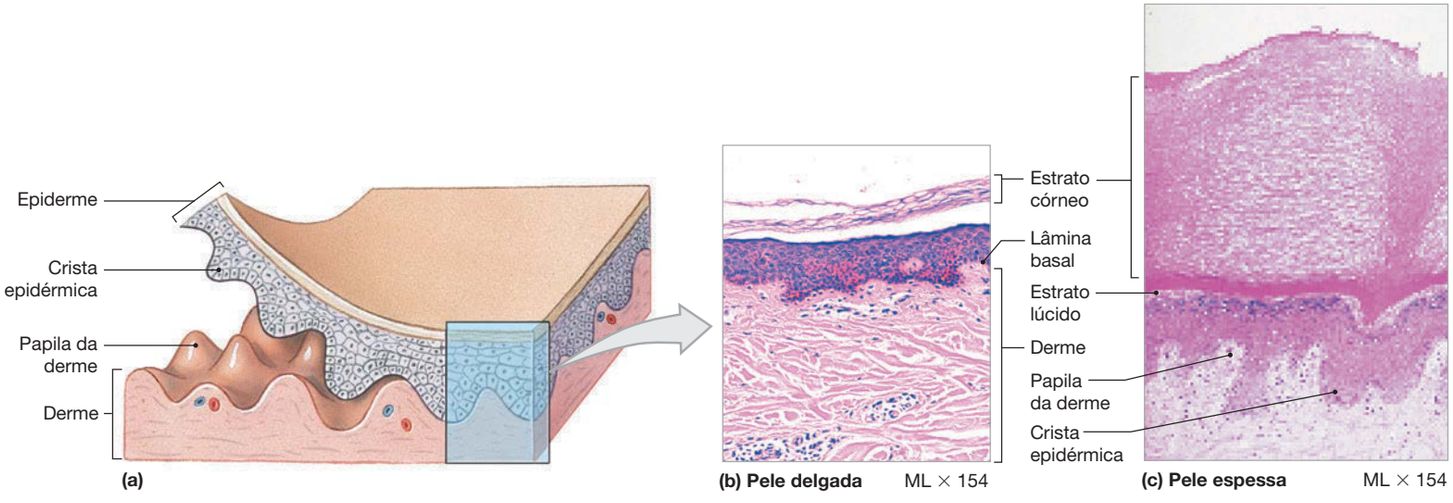


Figura 4.4 Pele delgada e pele espessa.
A epiderme é um epitélio escamoso estratificado que varia em espessura. **(a)** A organização básica da epiderme. A espessura da epiderme, especialmente a espessura do estrato córneo, modifica-se muito em função da localização da amostra. **(b)** A pele recobre a maior parte da superfície exposta do corpo. (Durante o processo de secção, o estrato córneo destacou-se do resto da epiderme.) **(c)** A superfície das palmas das mãos e plantas dos pés é coberta por pele espessa.

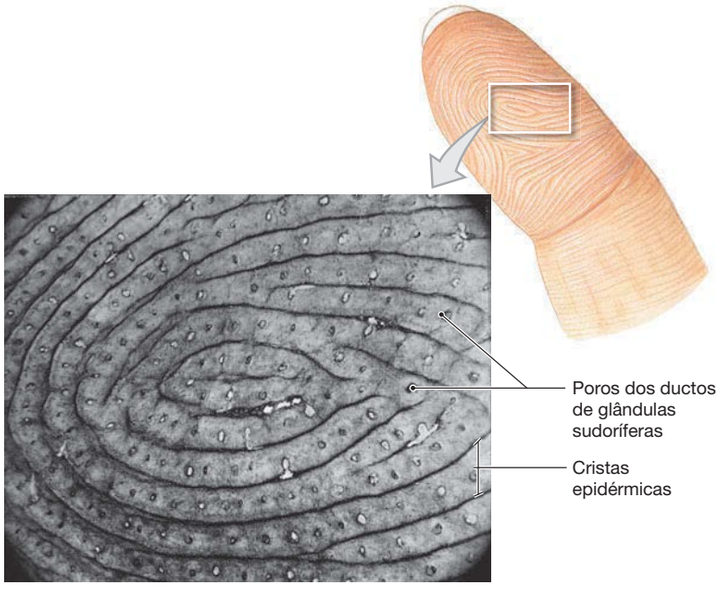


Figura 4.5 As cristas epidérmicas da pele espessa.
As impressões digitais revelam o padrão das cristas epidérmicas da pele espessa. Esta micrografia eletrônica de varredura mostra as cristas apresentadas por um dos dedos da mão. Os pontos são os poros dos ductos das glândulas sudoríferas. (MEV x 25) [*© R.G. Kessel e R.H. Kardon, "Tissues and Organs: A Text-Atlas of Scanning Electron Microscopy," W.H. Freeman & Co., 1979. Todos os direitos reservados.*]

ou como resultado de distúrbios circulatórios ou respiratórios, como insuficiência cardíaca ou asma grave.

Conteúdo pigmentar da epiderme **Caroteno** é um pigmento amarelo-alaranjado encontrado em vários vegetais de cor alaranjada, como cenoura, milho e abóbora. Pode ser convertido em vitamina A, necessária para a manutenção epitelial e síntese de pigmentos visuais pelos fotorreceptores do olho. O caroteno em geral se acumula dentro de queratinócitos e torna-se especialmente evidente nas células desidratadas do estrato córneo e na gordura subcutânea. A **melanina** é produzida e armazenada nos melanócitos (**Figura 4.6**). A melanina negra, amarelo-pardo, ou parda forma vesículas intracelulares denominadas *melanossomos*. Essas vesículas, que são transferidas intactas para os queratinócitos, coram os queratinócitos temporariamente, até que os melanossomos sejam destruídos pelos lisossomos. As células em camadas mais superficiais gradualmente clareiam-se conforme vai ocorrendo a diminuição do número de melanossomos intactos. Em indivíduos de pele clara, a transferência dos melanossomos ocorre no estrato germinativo e no estrato espinhoso, e as células das camadas mais superficiais perdem pigmentação. Em indivíduos de pele escura, os melanossomos são maiores e a transferência pode ocorrer também no estrato granuloso; a pigmentação é, assim, mais escura e mais persistente. A melanina contribui para a prevenção de lesões da pele por absorção da **radiação ultravioleta (UV)** da luz do sol. A radiação ultravioleta em pouca quantidade é necessária para que a pele possa converter precursores de esteróides relacionados ao colesterol em substâncias da família dos hormônios coletivamente conhecidos como vitamina D[1]. A vitamina D é necessária para a absorção normal de fósforo e cálcio no intestino delgado; um suprimento inadequado de vitamina D causa alterações na manutenção óssea e no crescimento. Entretanto, o excesso de radiação UV pode prejudicar os cromossomos

[1] Especificamente, a vitamina D_3 ou *colecalciferol*, que passa por outras modificações no fígado e nos rins antes de circular como o hormônio ativo *calcitriol*.

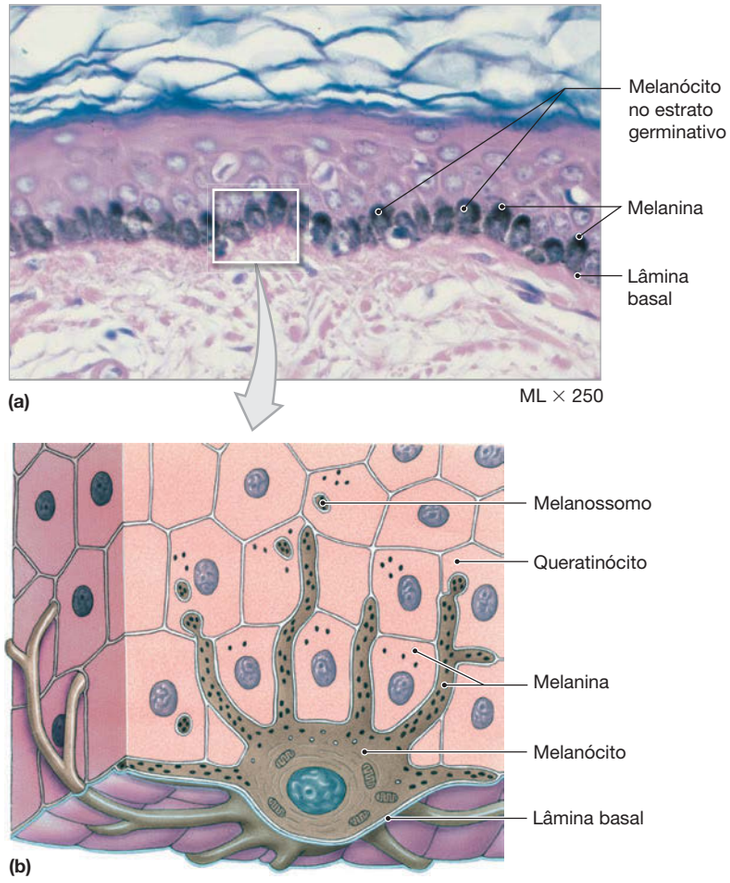


Figura 4.6 Melanócitos.
A micrografia e o desenho que a acompanha indicam a localização e orientação dos melanócitos no estrato germinativo da pele de um indivíduo de pele escura.

e causar dano disseminado aos tecidos, de maneira semelhante ao que se observa nas queimaduras moderadas. A melanina da epiderme como um todo protege a derme subjacente. Dentro de cada queratinócito, os melanossomos são mais abundantes ao redor do núcleo das células. Isso aumenta a probabilidade de a radiação UV ser absorvida antes de danificar o DNA nuclear.

Os melanócitos respondem à exposição UV aumentando sua velocidade de síntese e transferência de melanina. Ocorre então o bronzeamento, mas a resposta não é suficientemente rápida a ponto de evitar queimaduras no primeiro dia de exposição ao sol na praia; o bronzeamento ocorre em cerca de 10 dias. Qualquer indivíduo pode sofrer queimaduras por exposição ao sol, porém indivíduos de pele escura apresentam proteção inicial maior contra os efeitos da radiação UV. A exposição repetida aos raios UV, o suficiente para estimular o bronzeamento, a longo prazo, pode causar danos à derme e à epiderme. Na derme, o dano aos fibrócitos causa anomalias na estrutura do tecido conectivo e rugas prematuras na pele. Na epiderme, os tumores de pele podem se desenvolver a partir de danos cromossômicos a células germinativas ou melanócitos (veja Nota clínica na pág. 96).

REVISÃO DOS CONCEITOS

1. Descreva a diferença primária entre a pele delgada e a pele espessa.
2. Alguns criminosos provocam abrasão nas pontas dos dedos para não deixar impressões digitais identificáveis. Esta prática pode remover permanentemente as impressões digitais? Explique.

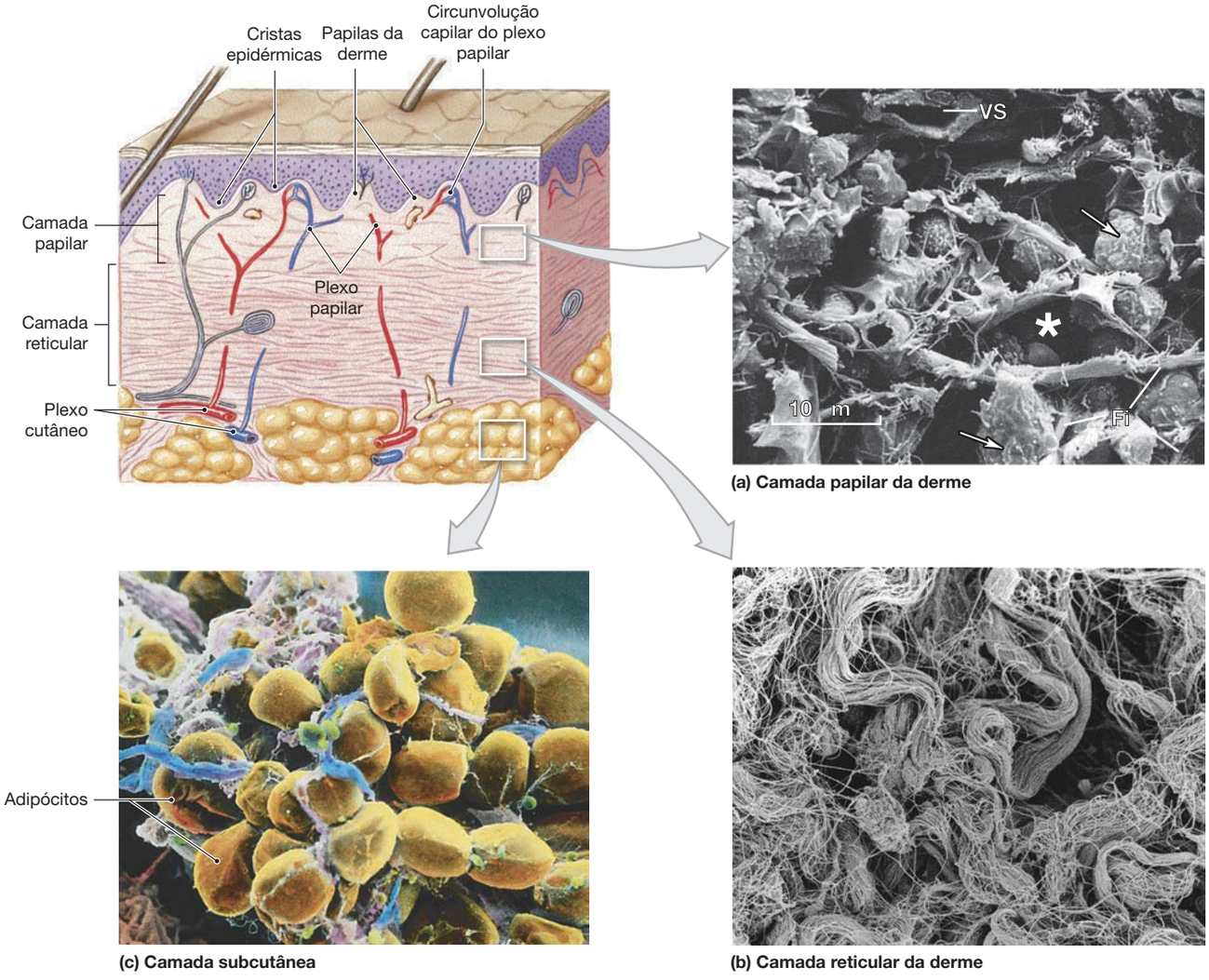


Figura 4.7 A estrutura da derme e a tela subcutânea.
A derme é um tecido conectivo profundo à epiderme; a tela subcutânea (hipoderme) é um tecido conectivo profundo à derme. **(a)** A camada papilar da derme consiste em tecido conectivo frouxo que contém numerosos vasos sangüíneos (VS), fibras (Fi) e macrófagos (setas). Espaços abertos, como os indicados por asterisco, seriam preenchidos com líquido de substância fundamental. (MEV x 649) **(b)** A camada reticular da derme contém tecido conectivo denso irregular. (MEV x 1.340) **(c)** A tela subcutânea contém um grande número de adipócitos em uma estrutura de fibras de tecido conectivo frouxo. (MEV x 268) [*(a) © R.G. Kessel e R.H. Kardon, "Tissues and Organs: A Text-Atlas of Scanning Electron Microscopy," W.H. Freeman & Co., 1979. Todos os direitos reservados.*]

3. Identifique as origens da coloração da epiderme.
4. Descreva a relação entre as cristas da pele e as papilas da derme.

Veja a seção de Respostas na parte final do livro.

A derme [Figura 4.2]

A derme encontra-se profundamente à epiderme (**Figura 4.2**, pág. 90). Apresenta dois componentes principais: uma *camada papilar* superficial e uma *camada reticular* profunda.

Organização da derme [Figuras 4.4/4.7]

A **camada papilar** superficial consiste em tecido conectivo frouxo (**Figura 4.7a**). Esta região contém os capilares que suprem a epiderme e os axônios dos neurônios sensitivos que monitoram os receptores na camada papilar e na epiderme. A camada papilar tem seu nome derivado das papilas da derme que se projetam entre as cristas da pele (**Figura 4.4**).

A **camada reticular** profunda consiste em fibras em uma estrutura emaranhada de tecido conectivo denso irregular que circunda vasos sangüíneos, folículos pilosos, nervos, glândulas sudoríferas e sebáceas (**Figura 4.7b**). O nome da camada deriva da disposição enovelada dos feixes de fibras colágenas nesta região (*reticulum*, pequena rede). Algumas dessas fibras colágenas na camada reticular estendem-se até a camada papilar, prendendo uma camada à outra. O limite entre essas camadas é, portanto, indiferenciado. As fibras colágenas da camada reticular também estendem-se para a tela subcutânea mais profunda (**Figura 4.7c**).

Nota clínica

Tumores de pele Quase todos os indivíduos apresentam muitas lesões benignas de pele; sardas e verrugas são exemplos. Os tumores de pele são as formas mais comuns de câncer, e os tumores de pele mais comuns são causados por exposição prolongada ao sol.

Carcinoma basocelular é um tipo de câncer que se origina no estrato germinativo (basal). Este é o câncer de pele mais comum, e aproximadamente dois terços destes tumores aparecem em áreas expostas à radiação UV crônica. Estes carcinomas têm sido recentemente relacionados a um determinado gene.

Carcinomas de células escamosas são menos comuns, mas quase totalmente restritos a áreas de pele sujeitas à exposição solar. Raramente ocorrem metástases nos carcinomas de células escamosas e quase nunca em carcinomas basocelulares, e a maioria dos pacientes sobrevive a estas doenças. Em geral, o tratamento envolve a remoção cirúrgica do tumor, e pelo menos 95% dos pacientes sobrevivem 5 anos ou mais após o tratamento. (Esta estatística, o índice de 5 anos de sobrevida, é um método comum de se descrever prognósticos a longo prazo.) Comparados com estes cânceres comuns e que raramente ameaçam a vida, os **melanomas malignos** são extremamente perigosos. Nesta condição, os melanócitos neoplásicos crescem rapidamente e se disseminam por todo o sistema linfático. A projeção de sobrevida a longo prazo é bastante diferente, dependendo da época em que o diagnóstico foi estabelecido. Se a doença for localizada, o índice de sobrevida de 5 anos é de 90%; se estiver disseminada, o índice cai para 14%.

Indivíduos de pele clara que vivem nos trópicos são mais suscetíveis a todos os tipos de câncer de pele, pois seus melanócitos apresentam menor capacidade de proteção contra a radiação ultravioleta. Danos provocados pelo sol podem ser prevenidos com o uso de roupas, chapéus, bloqueadores solares (não óleos bronzeadores ou filtros solares) – prática que também atenua problemas cosméticos relacionados ao aparecimento de rugas e flacidez da pele. Sempre que se vai passar algum período de tempo exposto ao sol, deve-se escolher um bloqueador solar de amplo espectro, com um fator de proteção solar (FPS) de pelo menos 15; indivíduos louros, ruivos e de pele muito clara protegem-se melhor utilizando bloqueadores solares com fatores de proteção entre 20 e 30. (Deve-se também lembrar dos riscos envolvidos antes de gastar tempo em salões e câmaras de bronzeamento.) O uso de protetores solares tem adquirido importância ainda maior por causa da progressiva destruição da camada de ozônio na atmosfera mais superior em função das emissões poluentes industriais. O ozônio absorve os raios UV antes que eles atinjam a superfície da terra, contribuindo com a ação dos melanócitos na prevenção do câncer de pele. A Austrália, o país mais afetado pela destruição da camada de ozônio próxima ao Pólo Sul (o "buraco na camada de ozônio"), já vem relatando um aumento na incidência de câncer de pele.

Rugas, marcas de expressão e linhas de clivagem [Figura 4.8]

A rede emaranhada de fibras colágenas da camada reticular oferece considerável força tensora, e a disposição extensa de fibras elásticas permite que a derme se distenda e retorne à sua posição original repetidamente durante os movimentos normais. A idade, os hormônios e os efeitos destrutivos da exposição à radiação ultravioleta reduzem a espessura e a flexibilidade da derme, produzindo rugas e flacidez na pele. A grande distensão da derme que ocorre no abdome durante a gravidez ou após um significativo ganho de peso geralmente excede a capacidade de elasticidade da pele. As fibras elásticas e colágenas então se rompem e, apesar de se distender, a pele não retorna à sua dimensão original após o parto ou dieta rigorosa. A pele fica então enrugada, criando-se uma rede de **estrias de distensão**.

A *tretinoína* é um derivado da vitamina A que pode ser aplicado na pele em creme ou gel. Esta droga foi originalmente desenvolvida para o tratamento da acne, mas também aumenta o afluxo sangüíneo à derme e estimula a regeneração dérmica. Como resultado, ela reduz a velocidade de formação das rugas e atenua a aparência das rugas existentes. O grau de melhora varia de indivíduo para indivíduo.

Em qualquer local, a maioria das fibras colágenas e elásticas é disposta em feixes paralelos. A orientação desses feixes depende do estresse aplicado na pele durante o movimento normal; os feixes são alinhados de forma a permitir resistência às forças aplicadas. O padrão resultante dos feixes de fibras estabelece as **linhas de clivagem** da pele. As linhas de clivagem, apresentadas na Figura 4.8, são clinicamente importantes, pois cortes paralelos às linhas de clivagem em geral cicatrizam melhor, enquanto cortes transversais a essas linhas tendem a ser abertos pela retração das fibras elásticas seccionadas. Os cirurgiões, portanto, orientam-se pelas linhas de clivagem ao realizar incisões, uma vez que os cortes cicatrizam mais rapidamente e as cicatrizes são mínimas.

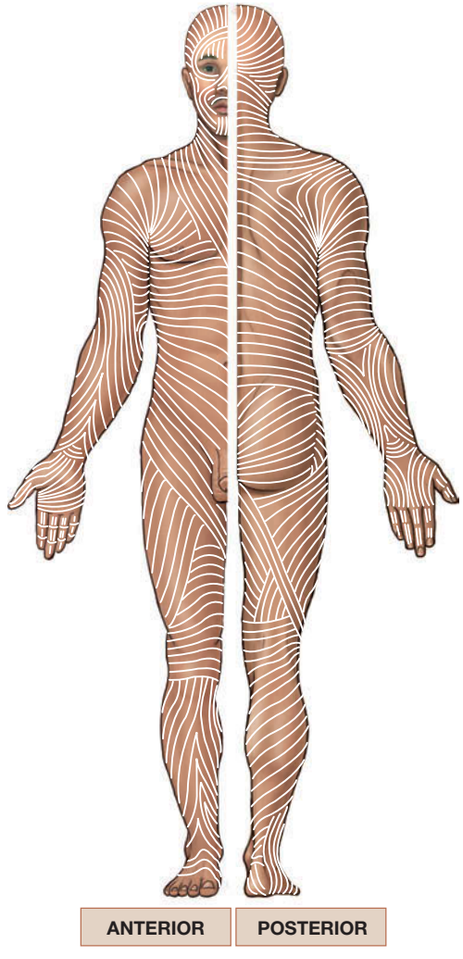


Figura 4.8 Linhas de clivagem da pele.
As linhas de clivagem seguem as linhas de tensão na pele. Elas refletem a orientação dos feixes de fibras colágenas na derme.

Outros componentes dérmicos [Figuras 4.2/4.9]

Além das fibras extracelulares de proteína, a derme contém todos os tipos de célula do tecido conectivo próprio. pág. 62 Órgãos acessórios

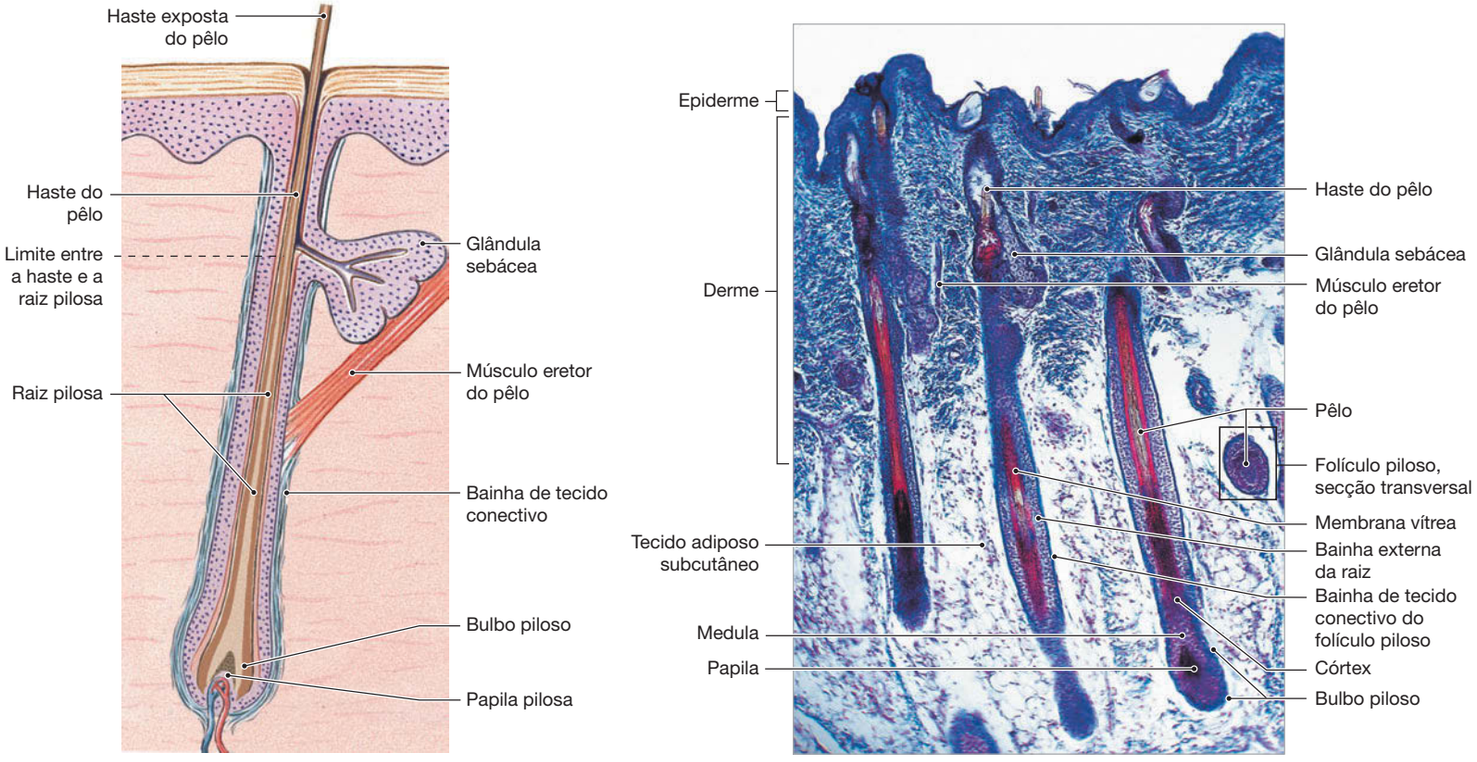


Figura 4.9 Estruturas acessórias da pele.
(a) Vista diagramática de um folículo individual. **(b)** Micrografia de luz mostrando a vista em secção da pele do couro cabeludo. Note a abundância de folículos pilosos e o modo como se estendem para dentro da derme. (ML x 66).

de origem epidérmica, como folículos pilosos e glândulas sudoríferas, estendem-se para o interior da derme (Figura 4.9). Além disso, as camadas papilar e reticular da derme contêm redes de vasos sangüíneos, vasos linfáticos e fibras nervosas (Figura 4.2, pág. 90).

O suprimento sangüíneo da pele [Figuras 4.2/4.7]

Artérias e veias que suprem a pele formam uma rede de interconexões na tela subcutânea ao longo da sua borda, no seu limiar com a camada reticular. Essa rede é denominada **plexo subcutâneo** (Figura 4.2, pág. 90). Ramos arteriais suprem tanto o tecido adiposo da tela subcutânea como os tecidos da pele. À medida que as pequenas artérias fazem trajeto até a epiderme, ramificações suprem os folículos capilares, as glândulas sudoríferas e outras estruturas na derme. Ao alcançar a camada papilar, essas pequenas artérias penetram em uma outra rede de ramificações, o **plexo papilar**, ou *plexo subpapilar*. A partir daí, os trajetos dos capilares seguem o contorno dos limites derme-epiderme (Figura 4.7a, pág. 95). Esses capilares esvaziam-se em uma rede de veias delicadas (*vênulas*) que se religam ao plexo papilar. A partir daí, veias maiores drenam em uma rede de veias no plexo subcutâneo mais profundo.

Existem duas razões pelas quais a circulação da pele percisa ser controlada. Em primeiro lugar, ela desempenha uma função fundamental no mecanismo de *termorregulação*, o controle de temperatura do corpo. Quando a temperatura corporal aumenta, a circulação aumentada na pele permite a perda do calor excessivo; por outro lado, quando a temperatura do corpo cai, a circulação reduzida na pele promove a retenção do calor corporal. Em segundo lugar, uma vez que o volume total de sangue é relativamente constante, o fluxo sangüíneo aumentado na pele implica a redução do fluxo de sangue em algum(ns) outro(s) órgão(s). Os sistemas nervoso, circulatório e endócrino interagem para regular o fluxo de sangue na pele enquanto mantêm um adequado fluxo sangüíneo aos outros órgãos e sistemas.

O suprimento nervoso da pele

Fibras nervosas na pele controlam o fluxo sangüíneo, ajustam a secreção glandular e monitoram receptores sensitivos na derme e nas camadas mais profundas da epiderme. Já citamos a presença das células de Merkel nas camadas mais profundas da epiderme. Essas células são receptores de tato monitorados por terminações nervosas conhecidas como *tórulos táteis*. A epiderme também contém dendritos de nervos sensitivos que provavelmente respondem a estímulos de dor e temperatura. A derme contém receptores semelhantes e outros mais especializados. Exemplos discutidos no Capítulo 18 incluem receptores sensíveis ao toque suave (*corpúsculos táteis*, localizados nas papilas da derme e no *plexo da raiz pilosa* circundando cada folículo piloso), à distensão (*corpúsculos de Ruffini*, na camada reticular) e à pressão profunda e vibração (*corpúsculos lamelados*, na camada reticular).

A tela subcutânea [Figuras 4.2/4.7c]

As fibras de tecido conectivo da camada reticular são intensamente enoveladas com as fibras da **tela subcutânea**, também chamada de *hipoderme*, e os limites entre as duas camadas é geralmente indiferenciado (Figura 4.2, pág. 90). Ainda que a tela subcutânea algumas vezes não seja considerada como parte do tegumento comum, ela é importante na estabilização da posição da pele em relação ao tecido subjacente,

como músculos esqueléticos ou outros órgãos, permitindo ainda movimento independente.

A tela subcutânea consiste em tecido conectivo frouxo com adipócitos em abundância (Figura 4.7c, pág. 95). Bebês e crianças pequenas geralmente apresentam "gordura infantil", que auxilia no processo de redução da perda de calor. A gordura subcutânea é também uma importante reserva energética e funciona como um amortecedor contra impactos nas atividades cotidianas.

Com o crescimento, a distribuição da gordura se modifica. Os homens acumulam maior quantidade de gordura no pescoço e nos braços, na região lombar e glútea. Nas mulheres, mamas, glúteos, quadris e coxas são os locais primários de armazenamanto de gordura subcutânea. Em adultos de ambos os sexos, a tela subcutânea das regiões do dorso das mãos e dos pés contém poucos adipócitos, enquanto uma quantidade maior de tecido adiposo acumula-se na região abdominal, produzindo a geralmente desagradável "barriga de cerveja".

A tela subcutânea é bastante elástica. Apenas a região superficial da tela subcutânea contém grandes artérias e veias. As demais áreas contêm um número limitado de capilares e nenhum órgão vital. Esta última característica faz da *injeção subcutânea* um método útil para a administração de drogas. O termo familiar *agulha hipodérmica* refere-se, portanto, à região-alvo da injeção.

Estruturas acessórias [Figura 4.2]

As estruturas acessórias do tegumento comum incluem *folículos pilosos*, *glândulas sebáceas*, *glândulas sudoríferas* e *unhas* (Figura 4.2, pág. 90). Durante o desenvolvimento embriológico, essas estruturas se formam por invaginações ou pregas da epiderme.

Folículos pilosos e pêlos

Os **pêlos** projetam-se da superfície da pele em quase toda a sua extensão, exceto nas laterais e plantas dos pés e nas palmas das mãos, laterais dos dedos, lábios e porções dos órgãos genitais externos[2]. Há cerca de 5 milhões de pêlos no corpo humano e cerca de 98% deles localizam-se na superfície geral do corpo, e não na cabeça. Pêlos são estruturas sem vida formadas por estruturas denominadas **folículos pilosos**.

Produção de pêlos [Figuras 4.9b/4.10]

Os folículos pilosos estendem-se profundamente na derme, muitas vezes projetando-se em direção à tela subcutânea subjacente. O epitélio na base do folículo circunda a pequena **papila pilosa**, um botão de tecido conectivo contendo nervos e capilares. O **bulbo piloso** consiste em células epiteliais que circundam a papila.

A produção de pêlo envolve uma especialização da queratinização. A **matriz pilosa** é a camada epitelial envolvida na produção do pêlo. Quando as células basais superficiais dividem-se, produzem células-filhas que são impulsionadas para a superfície como parte do pêlo em desenvolvimento. A maioria dos pêlos apresenta uma *medula* interna e um *córtex* externo. A medula contém um tipo de queratina relativamente macia e flexível, a **queratina mole**. Células da matriz próximas à margem do pêlo em desenvolvimento formam o **córtex**, que é relativamente endurecido (Figuras 4.9b e 4.10). O córtex contém **queratina dura** que confere resistência ao pêlo. Uma única camada de células queratinizadas mortas, na superfície externa do pêlo, sobrepõe e forma a **cutícula** que reveste o pêlo.

[2] A glande do pênis e o prepúcio no homem; o clitóris, os lábios menores do pudendo e a superfície interna dos lábios maiores do pudendo nas mulheres.

A **raiz do pêlo** estende-se do bulbo piloso até o ponto em que a organização do pêlo se completa. A raiz do pêlo fixa o pêlo ao folículo piloso. A **haste do pêlo**, a parte visível na superfície, estende-se deste ponto, geralmente a meio trajeto da superfície da pele, até a ponta exposta do pêlo. O tamanho, o formato e a cor da bainha do pêlo são extremamente variáveis.

Estrutura do folículo [Figura 4.10a]

As células das paredes dos folículos são organizadas em camadas concêntricas (Figura 4.10a). Iniciando-se na cutícula do pêlo, essas camadas incluem:

- **A bainha folicular interna:** Esta camada circunda a raiz do pêlo e a porção mais profunda da haste. É produzida por células na periferia da matriz pilosa. Uma vez que as células da bainha folicular interna desintegram-se relativamente rápido, essa camada não se estende ao longo de todo o comprimento do folículo.
- **A bainha folicular externa:** Esta camada estende-se da superfície da pele até a matriz pilosa. Na maior parte desta distância, ela apresenta todas as camadas de células encontradas na epiderme superficial. Entretanto, quando a bainha da raiz externa une-se à matriz pilosa, todas as células assemelham-se àquelas do estrato germinativo.
- **A membrana vítrea:** É um espessamento da lâmina basal, envolta em uma bainha de tecido conectivo denso.

Funções do pêlo [Figuras 4.9/4.10a]

Os 5 milhões de pêlos do corpo humano apresentam importantes funções. Os aproximadamente 100.000 cabelos protegem o couro cabeludo da radiação ultravioleta, atenuam impactos na cabeça e oferecem isolamento térmico ao crânio. Os pêlos internamente às narinas e nos meatos acústicos externos protegem contra a entrada de partículas e insetos, e os cílios desempenham função semelhante para a superfície do olho. Um **plexo da raiz do pêlo** de nervos sensitivos circunda a base de cada folículo (Figura 4.10a). Como resultado, o movimento da haste, mesmo de um único pêlo, pode ser sentido em nível consciente. Esta sensibilidade oferece um sistema precoce de alerta que pode ajudar a prevenir lesões. Por exemplo, é possível perceber a aproximação de um mosquito e evitar que ele chegue a tocar a superfície da pele.

Uma fita de tecido muscular liso, denominado músculo **eretor do pêlo**, estende-se da derme papilar à bainha de tecido conectivo do folículo piloso (Figuras 4.9 e 4.10a). Quando estimulado, o músculo eretor do pêlo traciona o folículo e eleva o pêlo. A contração pode ser causada por estados emocionais, como medo ou raiva, ou como uma resposta ao frio, produzindo o característico estado de arrepio. Em um animal enfurecido, esta ação aumenta a espessura do revestimento de isolamento térmico. Ainda que não desfrutemos de benefícios de isolamento térmico comparáveis a outros animais, o reflexo persiste no homem.

Tipos de pêlos

Os pêlos surgem aproximadamente aos três meses de desenvolvimento embrionário. Esses pêlos, coletivamente conhecidos como *lanugem*, são extremamente delicados e despigmentados. A maior parte da lanugem é perdida antes do nascimento. Esses pêlos são substituídos por um dos três principais tipos de pêlo encontrados no tegumento comum do adulto: *velo (penugem)*, *pêlos intermediários* e *pêlos terminais*.

- *Velo* são os delicados pêlos encontrados em grande parte da superfície da pele, de textura semelhante à da superfície de um pêssego.

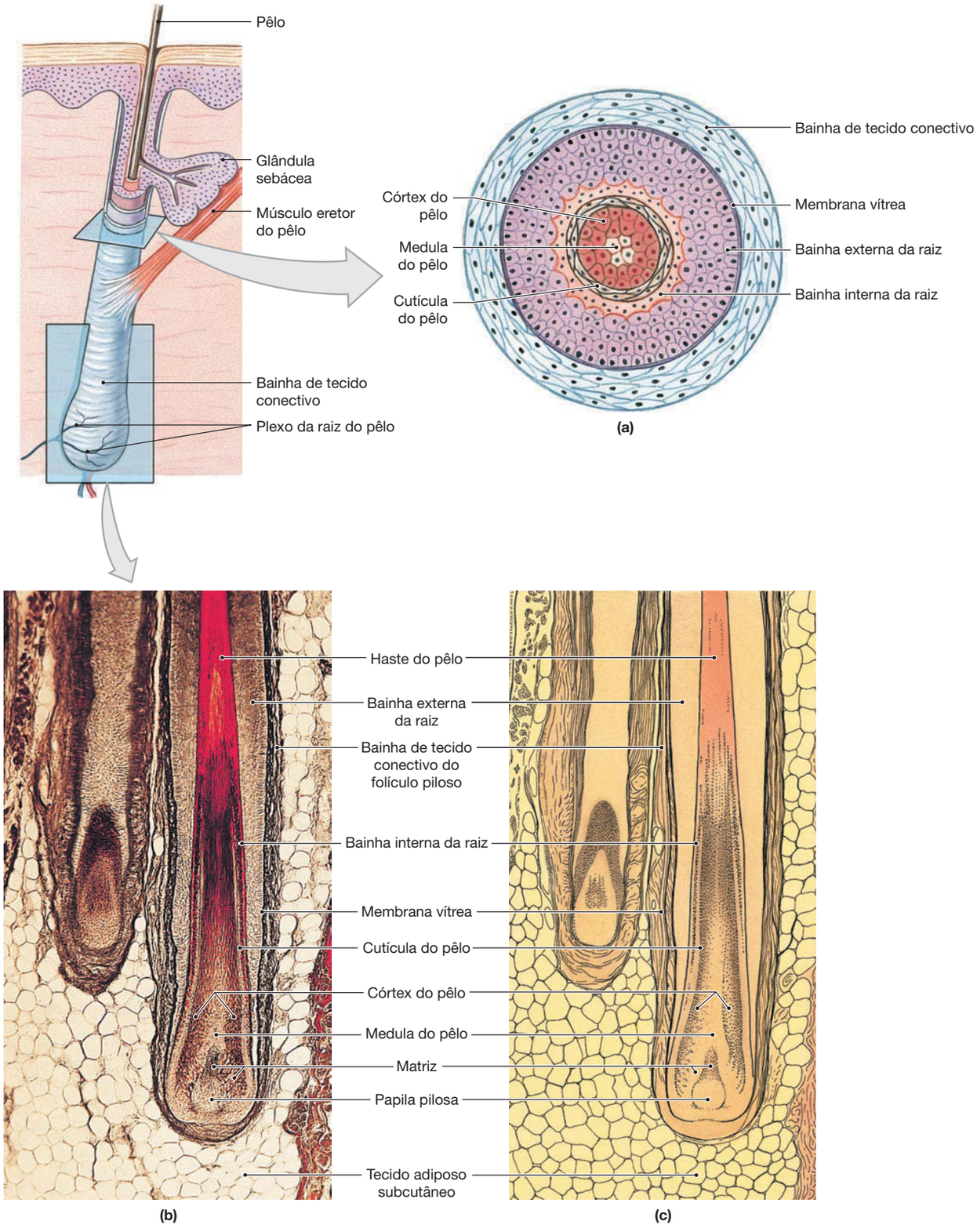


Figura 4.10 Folículos pilosos.
Os pêlos originam-se em folículos pilosos, que são estruturas complexas. **(a)** Secção longitudinal de um folículo piloso. Lâmina histológica **(b)** e representação diagramática **(c)** de secção longitudinal de um folículo piloso. (ML x 60).

- *Pêlos intermediários* são pêlos que apresentam sua distribuição modificada, como os pêlos dos membros superiores e inferiores.
- *Pêlos terminais* são mais espessos, mais intensamente pigmentados e algumas vezes encaracolados. Os cabelos, incluindo sobrancelhas e cílios, são exemplos de pêlos terminais.

A descrição da estrutura do pêlo, realizada anteriormente no capítulo, considerou a análise de pêlos terminais. Velo e pêlos intermediários são similares e não apresentam medula diferenciada. Os folículos pilosos podem alterar a estrutura dos pêlos que produzem em resposta a hormônios circulantes. Assim, um folículo que produz o velo pode vir a produzir pêlos intermediários; isso justifica muitas modificações na distribuição dos pêlos que se iniciam na puberdade.

Coloração dos pêlos

Variações na coloração dos pêlos refletem diferenças na sua estrutura e variações nos pigmentos produzidos por melanócitos na papila. Estas características são geneticamente determinadas, porém a condição do pêlo pode ser influenciada por fatores hormonais e ambientais. Diferenças entre cabelos negros ou castanhos, por exemplo, refletem a densidade de melanina no seu córtex. Cabelos ruivos resultam da presença de uma forma de melanina bioquimicamente diferente. Com o envelhecimento, a produção de pigmento decresce e a coloração do pêlo clareia-se em direção ao cinza. Pêlos brancos resultam da combinação entre a ausência de pigmentação e a presença de bolhas de ar na medula do pêlo. Uma vez que o pêlo por si só é uma estrutura inerte, modificações em sua coloração são graduais e o pêlo, portanto, não pode mudar de cor "da noite para o dia".

Crescimento e substituição do cabelo [Figura 4.11]

Um cabelo no couro cabeludo cresce por 2 a 5 anos, em uma velocidade de aproximadamente 0,33 mm/dia. Variações na velocidade de crescimento do cabelo e na duração do **ciclo do crescimento capilar** (ou piloso), ilustradas na Figura 4.11, são responsáveis pelas diferenças individuais no comprimento do cabelo não-cortado.

Enquanto ocorre o crescimento capilar, a raiz do cabelo é firmemente aderida à matriz do folículo. Ao final do ciclo de crescimento, o folículo torna-se inativo e o pêlo é denominado **haste do pêlo**. O folículo então diminui e, ao longo do tempo, as conexões entre a matriz e a raiz da haste começam a se romper. Quando um novo ciclo de crescimento é iniciado, o folículo produz pêlo novo e a haste existente é impulsionada para a superfície, soltando-se.

Em adultos saudáveis, cerca de 50 fios de cabelo são perdidos diariamente, mas muitos fatores podem interferir neste índice. Perdas consistentes de mais de 100 fios por dia geralmente resultam do uso de drogas, fatores alimentares, radiação, febre alta, estresse e fatores hormonais relacionados à gestação. A análise de amostras de cabelo pode ser útil para o diagnóstico de muitas doenças. Por exemplo, cabelos e pêlos de indivíduos contaminados com chumbo ou outro metal pesado apresentam grandes quantidades destes materiais impregnados. Em homens, modificações no nível de hormônios sexuais circulantes no sangue podem afetar o couro cabeludo, causando a substituição da produção de pêlos terminais (cabelos) pela produção de velo. Esta alteração é conhecida como **calvície masculina**.

REVISÃO DOS CONCEITOS

1. O que acontece com a derme quando ela é excessivamente distendida, como ocorre na gestação ou na obesidade?
2. Qual é a condição observada quando ocorre a contração do músculo eretor do pêlo?

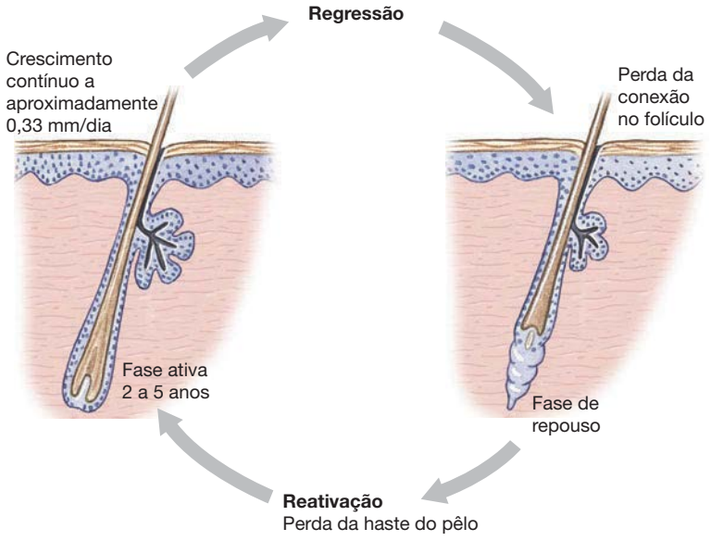


Figura 4.11 O ciclo de crescimento do pêlo.
Cada folículo piloso passa por ciclos envolvendo estágios ativos e de repouso.

3. Descreva as principais características de um pêlo.

Veja a seção de Respostas na parte final do livro.

Glândulas na pele [Figura 4.12]

A pele contém dois tipos de glândulas: *sebáceas* e *sudoríferas* (sudoríparas). As glândulas sebáceas produzem um lipídeo oleoso que recobre a bainha do pêlo e a epiderme. As glândulas sudoríferas produzem uma solução aquosa e desempenham outras funções especiais. A Figura 4.12 resume a classificação funcional das glândulas exócrinas da pele.

Glândulas sebáceas [Figura 4.13]

As **glândulas sebáceas** liberam uma secreção oleosa e ceruminosa dentro dos folículos capilares (Figura 4.13). As células glandulares produzem grande quantidade de lipídeos ao longo do seu amadurecimento, e o produto lipídico é liberado por meio de secreção holócrina. ∞ págs. 60-61 Os ductos são curtos e muitas glândulas sebáceas podem abrir-se em um único folículo. Dependendo da estrutura dos ductos, as glândulas podem ser classificadas como *glândulas alveolares simples* (cada glândula apresenta um ducto próprio) ou *glândulas alveolares simples ramificadas* (algumas glândulas compartilham e esvaziam-se em um ducto comum). ∞ pág. 60

Os lipídeos liberados por células glandulares sebáceas adentram na passagem aberta (ou *luz*) da glândula. A contração do músculo eretor do pêlo, que eleva o pêlo, comprime a glândula sebácea, propelindo a secreção ceruminosa para dentro do folículo e para a superfície da pele. Essa secreção, denominada **sebo**, oferece lubrificação e inibe o desenvolvimento de bactérias. A queratina é uma proteína resistente, mas inerte; células queratinizadas ficam secas e quebradiças uma vez expostas ao ambiente externo. O sebo lubrifica e protege a queratina da bainha do cabelo, amaciando a pele circunvizinha. A lavagem dos cabelos com xampu remove o revestimento oleoso natural, e lavagens excessivas podem deixar os cabelos ressecados, rígidos e quebradiços.

Folículos sebáceos são glândulas sebáceas grandes que se comunicam diretamente com a epiderme. Esses folículos, que nunca produzem pêlo, são encontrados na pele que recobre a face, o dorso, o tórax, as papilas mamárias e os órgãos genitais externos masculinos. Apesar de o sebo apresentar propriedades antibacterianas, as bactérias podem invadir

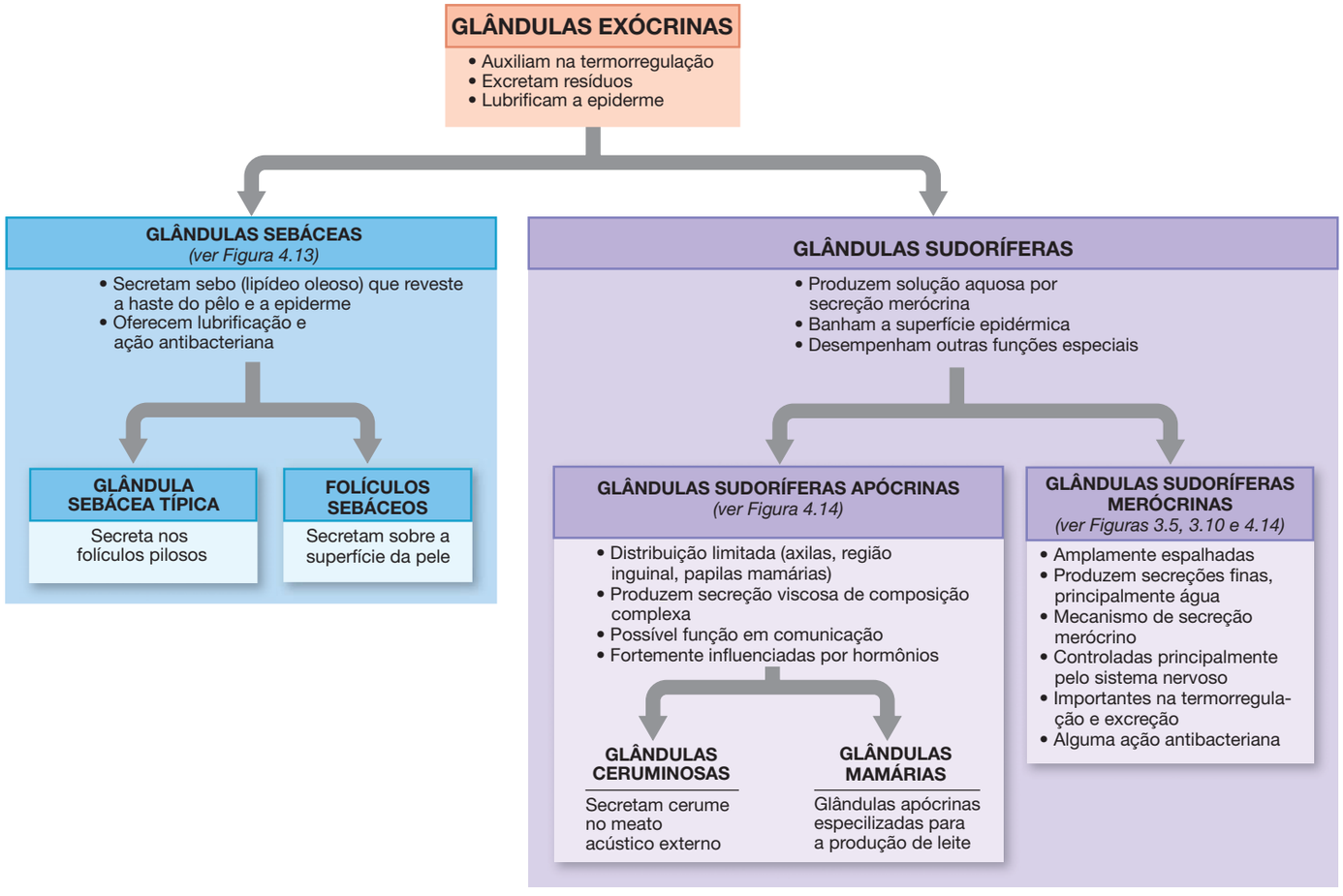


Figura 4.12 Uma classificação das glândulas exócrinas na pele.
Comparação entre glândulas sebáceas e sudoríferas e algumas características e funções de seus produtos de secreção.

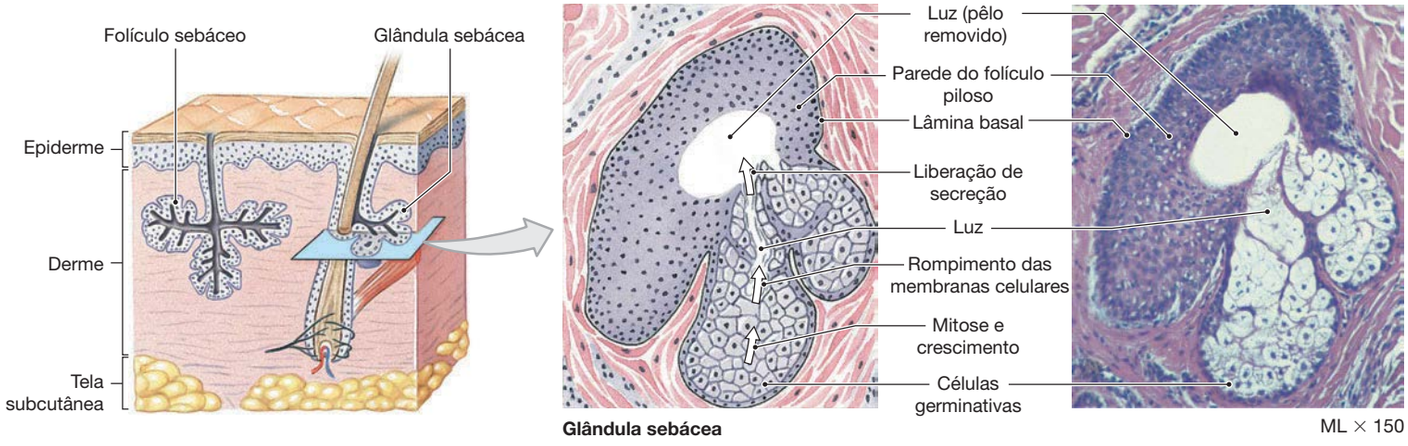


Figura 4.13 Glândulas sebáceas e folículos.
A estrutura de glândulas sebáceas e folículos na pele.

glândulas sebáceas ou folículos sob determinadas condições. A presença de bactérias em glândulas ou folículos pode produzir uma inflamação local conhecida como **foliculite**. Se o ducto da glândula for bloqueado, um abscesso denominado **furúnculo** pode se desenvolver. Em geral, o tratamento do furúnculo envolve a secção ou punção da região para propiciar a drenagem normal e a cicatrização.

Glândulas sudoríferas [Figuras 4.12/4.14]

A pele contém dois grupos diferentes de glândulas sudoríferas: *glândulas sudoríferas apócrinas* e *glândulas sudoríferas merócrinas* (Figuras 4.12 e 4.14). Os dois tipos de glândulas contêm **células mioepiteliais** (*mio*, músculo), células epiteliais especializadas localizadas entre as células glandulares e a lâmina própria subjacente. Contrações das células mioepiteliais comprimem

Nota clínica

Acne e dermatite seborréica Glândulas e folículos sebáceos são muito sensíveis a mudanças de concentração de hormônios sexuais, e suas atividades secretoras aceleram-se na puberdade. Por essa razão, indivíduos com glândulas sebáceas mais proeminentes podem apresentar tendência ao desenvolvimento de acne durante a adolescência. Na **acne**, os ductos sebáceos ficam bloqueados, ocasionando um acúmulo de secreção, causando inflamação e tornando o ambiente propício para infecção bacteriana.

Dermatite seborréica é uma inflamação ao redor de glândulas sebáceas anormalmente ativas. As áreas afetadas tornam-se avermelhadas e em geral há alguma descamação epidérmica. Glândulas sebáceas do couro cabeludo são mais freqüentemente envolvidas. Em crianças, esta manifestação em grau moderado é conhecida como *crosta láctea*. Em adultos, é conhecida como *caspa*. Ansiedade, estresse e alergias alimentares, assim como infecções concomitantes por fungos, podem aumentar a gravidade da inflamação.

a glândula e liberam a secreção acumulada. As atividades secretoras das células glandulares e a contração das células mioepiteliais são controladas tanto pelo sistema nervoso autônomo quanto por hormônios circulantes.

Glândulas sudoríferas apócrinas [Figuras 4.9a/4.14a] Glândulas sudoríferas que liberam secreções nos folículos pilosos nas axilas, em torno das papilas mamárias (nas aréolas das mamas) e na região inguinal são denominadas **glândulas sudoríferas apócrinas** (Figuras 4.9a/4.14a). O nome *apócrina* foi originariamente escolhido pois se pensava que as células glandulares secretavam por método apócrino. pág. 60 Embora atualmente se saiba que seus produtos secretados são produzidos por método de secreção merócrino, o nome não foi modificado. Glândulas sudoríferas apócrinas são glândulas tubulares espiraladas que produzem uma secreção viscosa, opaca e potencialmente caracterizada por odor. Elas iniciam o processo de secreção na puberdade; o suor produzido pode ser ativado por bactérias, causando um odor característico. Secreções de glândulas apócrinas também podem conter *feromônios*, substâncias químicas que transmitem informações a outros indivíduos em nível subconsciente. Foi demonstrado que as secreções apócrinas de mulheres maduras alteram o ciclo menstrual de outras mulheres. A importância dos feromônios e o papel das secreções apócrinas em homens permanecem desconhecidos.

Glândulas sudoríferas merócrinas [Figuras 4.12b/4.14b] Um tipo de glândula sudorífera bem mais numeroso e amplamente distribuído do que as glândulas sudoríferas apócrinas são as **glândulas sudoríferas merócrinas**, também conhecidas como *glândulas sudoríferas écrinas* (Figuras 4.12b/4.14b). A pele do adulto contém cerca de 3 milhões de glândulas merócrinas. Estas são menores do que as glândulas sudoríferas apócrinas e não avançam tão profundamente na derme. Apresentam-se em maior número nas plantas dos pés e palmas das mãos; estima-se que as palmas das mãos apresentem cerca de 500 glândulas por centímetro quadrado. Células sudoríferas merócrinas são glândulas tubulares helicoidais que liberam suas secreções diretamente na superfície da pele.

A secreção transparente produzida por células merócrinas é denominada **suor**, ou **perspiração sensível**. O suor é primariamente constituído por água (99%), mas também contém eletrólitos (principalmente cloreto de sódio), metabólitos e produtos residuais. A presença do cloreto de sódio confere ao suor um sabor salgado. As funções da atividade das glândulas sudoríferas merócrinas incluem:

- **Termorregulação** O suor resfria a superfície da pele e reduz a temperatura corporal. Este resfriamento é a função principal da perspiração sensível, e o grau de atividade secretora é regulado por mecanismos nervosos e hormonais. Quando todas as glândulas sudoríferas estão trabalhando em nível máximo, a velocidade de perspiração pode exceder cerca de 4½ litros por hora, e perdas significativas e até mesmo perigosas de fluidos e eletrólitos podem ocorrer. Por essa razão, atletas em esportes de resistência precisam parar para repor líquidos com freqüência.

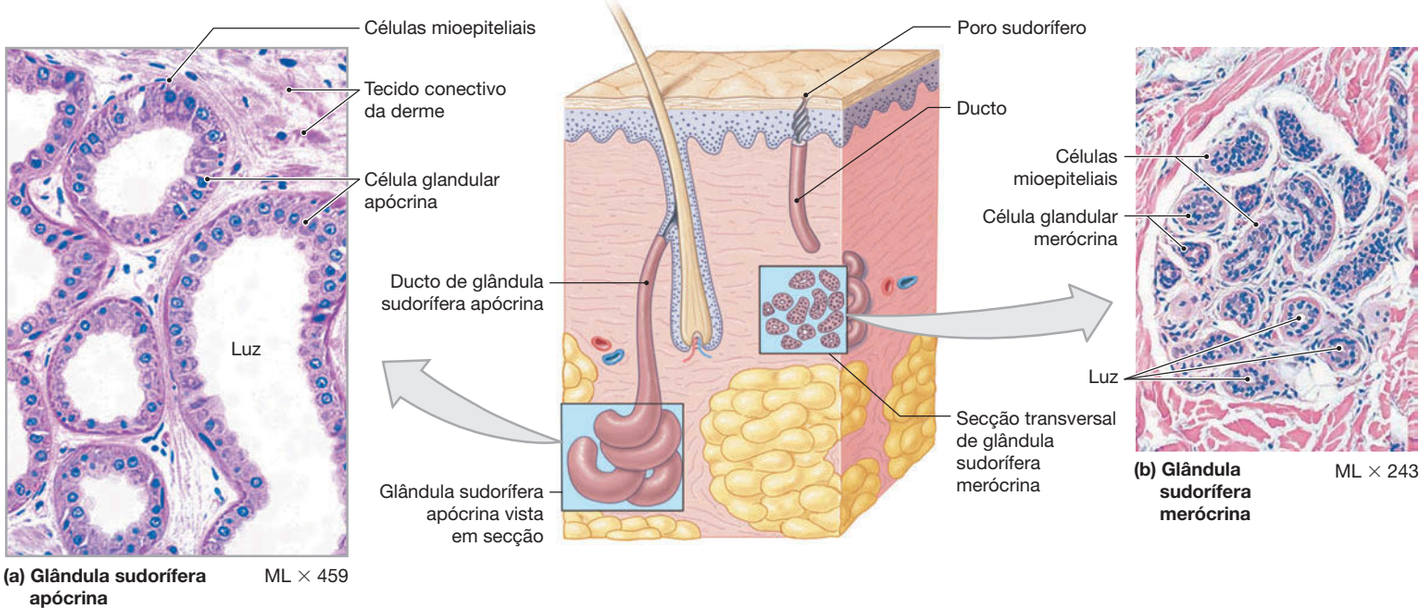


Figura 4.14 Glândulas sudoríferas.
(a) As glândulas sudoríferas apócrinas são encontradas nas axilas, na região inguinal e nas papilas mamárias. Produzem um líquido espesso, potencialmente de odor característico. **(b)** As glândulas sudoríferas merócrinas produzem líquido aquoso geralmente chamado de perspiração ou suor.

- **Excreção** As glândulas sudoríferas merócrinas podem oferecer uma importante rota excretora de água e eletrólitos, bem como de várias drogas, prescritas ou não.
- **Proteção** As glândulas sudoríferas merócrinas conferem proteção contra fatores agressores ambientais por diluir substâncias químicas nocivas e prevenir a proliferação de microrganismos.

Controle de secreções glandulares

As glândulas sebáceas e as glândulas sudoríferas apócrinas podem ser ativadas ou desativadas pela ação do sistema nervoso autônomo, mas não existe controle local – isso significa que, quando uma glândula sebácea do corpo é ativada, todas as outras glândulas sebáceas do corpo também são ativadas concomitantemente. As glândulas sudoríferas merócrinas são controladas com maior precisão, e a quantidade de secreção, bem como a região do corpo envolvida, pode variar de modo independente. Por exemplo, em estados de ansiedade, como quando se espera para ser avaliado em alguma prova ou teste, pode-se notar sudorese localizada nas palmas das mãos.

Controle de secreções glandulares

Glândulas sebáceas e glândulas sudoríferas merócrinas são encontradas na maior parte da superfície corporal. Glândulas sudoríferas apócrinas são encontradas em áreas relativamente restritas. A pele também contém uma variedade de glândulas especializadas que são restritas a locais específicos. Muitas serão descritas em capítulos posteriores; dois importantes exemplos são mencionados a seguir:

1. As **glândulas mamárias** são anatomicamente relacionadas a glândulas sudoríferas apócrinas. Uma interação complexa entre hormônios sexuais e hipofisários controla seu desenvolvimento e secreção. A função e a estrutura das glândulas mamárias serão discutidas no Capítulo 27.
2. **Glândulas ceruminosas** são glândulas sudoríferas modificadas encontradas no meato acústico externo. Elas diferem das glândulas sudoríferas merócrinas por apresentar luz mais ampla e pelo fato de suas células glandulares conterem grânulos de pigmento e gotas lipídicas não observadas em outras glândulas sudoríferas. Suas secreções combinam-se com as secreções de glândulas sebáceas adjacentes, formando uma substância denominada **cerume**, ou simplesmente "cera". A cera, juntamente com pêlos auriculares ao longo do meato acústico externo, provavelmente contribui para o aprisionamento de partículas estranhas ou pequenos insetos, evitando que este material alcance a membrana timpânica.

REVISÃO DOS CONCEITOS

1. Compare as secreções de glândulas sudoríferas apócrinas e merócrinas. Qual dos dois tipos produz secreções de odor característico, alvo de interesse da indústria de desodorantes?
2. O que é perspiração sensível?
3. Como o controle de secreção glandular merócrina difere do controle de secreção glandular apócrina e sebácea?

Veja a seção de Respostas na parte final do livro.

Unhas [Figura 4.15]

As **unhas** se formam sobre a superfície dorsal das extremidades dos dedos das mãos e dos pés. Elas protegem a superfície exposta dos dedos e restringem a distorção quando as pontas dos dedos estão sujeitas a força

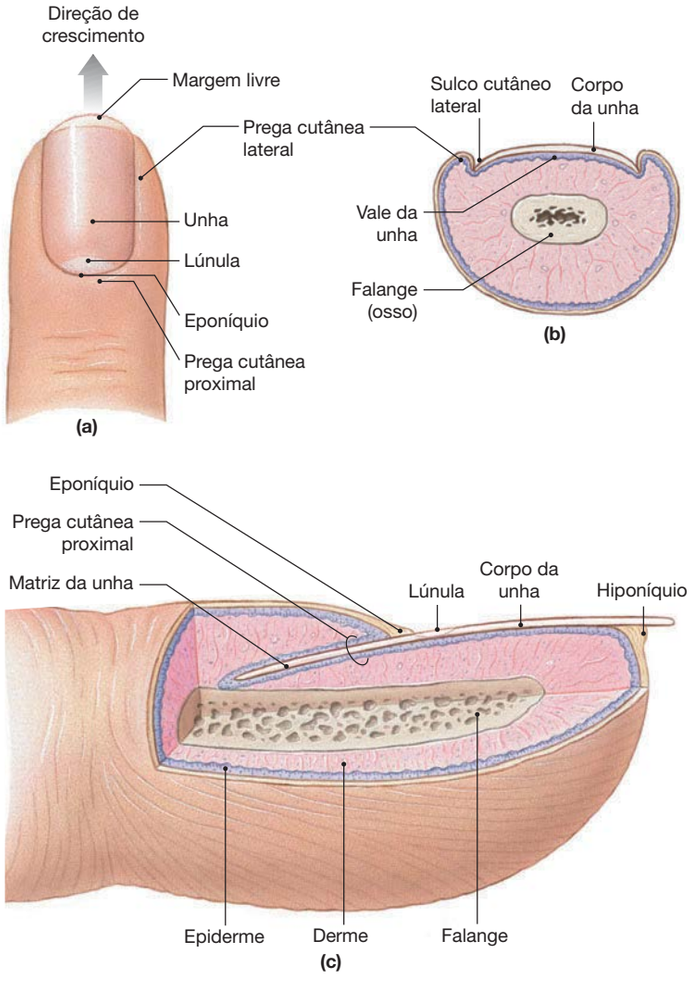


Figura 4.15 Estrutura da unha.
Esta imagem ilustra as características mais proeminentes de uma unha típica vista **(a)** da superfície, **(b)** em secção transversal e **(c)** em secção longitudinal.

mecânica – por exemplo, para agarrar um objeto ou ao correr. A estrutura de uma unha pode ser observada na Figura 4.15. O **corpo** recobre o **vale da unha**, mas a produção de unha ocorre na **matriz da unha**, uma prega epitelial que não é visível na superfície. A porção mais profunda da matriz da unha situa-se bem próximo ao periósteo da falange distal do dedo.

O corpo da unha termina logo abaixo do nível do epitélio circunvizinho e é mantido fixo por **sulcos** e **pregas cutâneos**. Uma porção do estrato córneo da prega cutânea estende-se sobre a superfície da unha exposta, próximo à matriz, formando o **eponíquio** (*epi*, sobre + *onyx*, unha) ou "*cutícula*". Vasos sangüíneos subjacentes conferem à unha sua característica cor rósea, porém próximo à matriz da unha eles podem apresentar-se camuflados determinando um limite conhecido como **lúnula**. A margem livre do corpo da unha estende-se por sobre uma parte do estrato córneo espessada, o **hiponíquio**.

Modificações no formato, na estrutura ou na aparência das unhas podem ter significado clínico. Uma modificação pode indicar a existência de um processo patológico envolvendo funções metabólicas do corpo. Por exemplo, as unhas podem tornar-se amareladas em pacientes que apresentam doenças respiratórias crônicas, alterações da glândula tireóide ou AIDS. As unhas podem tornar-se distorcidas ou marcadas por reentrâncias na psoríase ou côncavas em algumas doenças do sangue.

Nota clínica

A reparação de lesões de pele A pele pode se regenerar de maneira efetiva, mesmo após lesão de extensão considerável, pois células-tronco persistem em componentes dos tecidos conectivos e epiteliais. O processo pode ser lento. Quando superfícies de áreas extensas estão envolvidas, problemas de infecção e perda de líquido são fatores de complicação. A relativa velocidade e a eficácia de reparação da pele variam de acordo com o tipo de ferimento. Uma secção reta e fina, ou *incisão*, pode cicatrizar rapidamente se comparada com uma lesão abrasiva, que envolve uma superfície de área bem mais ampla a ser reparada.

A reparação da pele após lesão envolve quatro estágios.

Quando o ferimento se estende pela epiderme até a derme, geralmente ocorre sangramento (PASSO 1). O coágulo sangüíneo, ressecado, ou **crosta**, que se forma na superfície, restaura temporariamente a integridade da epiderme e restringe a entrada de mais microrganismos na área (PASSO 2). O corpo do coágulo consiste em uma rede insolúvel de *fibrina*, uma proteína fibrosa que se forma a partir de proteínas sangüíneas durante a resposta de coagulação. A coloração do coágulo reflete a presença de células vermelhas aprisionadas. Células do estrato germinativo passam por divisões rápidas e começam a migrar ao longo das margens do ferimento em uma tentativa de substituir as células epidérmicas perdidas. Enquanto isso, macrófagos patrulham a área danificada da derme, fagocitando resíduos e patógenos.

Se o ferimento ocupar uma área extensa ou envolver uma região recoberta por pele delgada, o reparo dérmico deve ocorrer antes que as células epiteliais recubram a superfície. Divisões de fibroblastos e células mesenquimais produzem células móveis que invadem as áreas lesadas mais profundas. Células endoteliais de vasos sangüíneos danificados também começam a se dividir, e capilares seguem os fibrolastos, aumentando a circulação. A combinação entre coágulo sangüíneo, fibroblastos e a rede excessiva de capilares é denominada **tecido de granulação**.

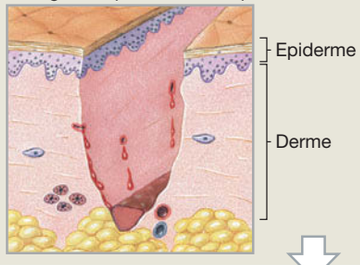
Ao longo do tempo, porções mais profundas do coágulo se dissolvem, e o número de capilares diminui. A atividade dos fibroblastos leva ao aparecimento de fibras colágenas e substância fundamental típica (PASSO 3). As reparações, entretanto, não restauram a condição original da pele, porque a derme irá conter um número anormalmente grande de fibras colágenas e relativamente poucos vasos sangüíneos. Folículos pilosos, glândulas sebáceas, glândulas sudoríferas, células musculares e nervos gravemente danificados raramente são reparados, sendo estas estruturas também substituídas por tecido fibroso. A formação do tecido cicatricial, mais fibroso, inflexível e não-celular, pode ser considerada uma limitação prática no processo de cicatrização (PASSO 4).

Não se sabe exatamente o que regula a extensão da formação do tecido cicatricial, e este processo é extremamente variável. Por exemplo, procedimentos cirúrgicos realizados em fetos não deixam cicatrizes, talvez porque os tecidos fetais lesados não produzam os mesmos tipos de fatores de crescimento que os produzidos por tecidos adultos. Em indivíduos adultos, mais freqüentemente os de pele escura, a formação de tecido cicatricial pode continuar muito além das necessidades da reparação tecidual. O resultado é a formação de uma massa espessa de tecido cicatricial que se inicia no local da lesão e cresce em direção à epiderme circunvizinha. Esta área espessa e saliente de tecido cicatricial, denominada **quelóide**, é recoberta por uma superfície epidérmica lisa e brilhante. Os quelóides geralmente desenvolvem-se na região superior do dorso, tórax, ombros e lóbulos das orelhas. Não trazem nenhum risco ao paciente; algumas culturas aborígenes intencionalmente produzem quelóides como uma espécie de adorno no corpo.

De fato, diversas culturas e sociedades no mundo adornam a pele com algum tipo de marca culturalmente significativa. Tatuagens, *piercings*, quelóides e outros tipos de padrões cicatriciais e mesmo maquiagens são utilizadas para "ressaltar" a aparência do tegumento comum. A escarificação é realizada em algumas culturas africanas, resultando em uma série de cicatrizes na pele, salientes e complexas. Culturas polinésias preferem tatuagens alongadas como um sinal de beleza e *status* social. Um pig-

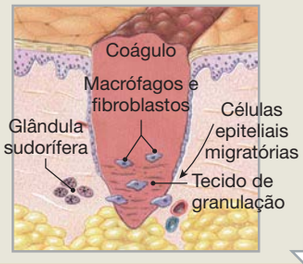
PASSO 1

Sangramento localizado imediatamente após o ferimento e mastócitos na região disparam uma resposta inflamatória.



PASSO 2

Após algumas horas, forma-se uma crosta e células do estrato germinativo migram ao longo das bordas do ferimento. Células fagocitárias removem resíduos, e mais células deste tipo são conduzidas para o local através da circulação aumentada na região. A coagulação ao redor das margens da área afetada isola parcialmente a região.

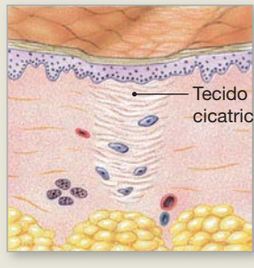


PASSO 3

Ao longo da semana seguinte ao ferimento, o coágulo é reabsorvido por células epidérmicas que migram sobre o emaranhado produzido pela atividade dos fibroblastos. A atividade fagocitária ao redor do local praticamente terminou, e o coágulo de fibrina está se desintegrando.

PASSO 4

Após algumas semanas, o coágulo se desprende e a epiderme se completa. Uma depressão rasa marca o local da lesão, mas fibroblastos na derme continuam a criar tecido cicatricial que gradualmente nivelará a epiderme sobrejacente.



Nota clínica (*continuação*)

mento escuro é inserido profundamente na derme da pele, por meio de agulhas, dentes de tubarão ou lascas de osso. Uma vez que o pigmento é inerte, se não ocorrer infecção (uma complicação potencialmente grave), as marcas permanecem ao longo da vida e podem ser vistas claramente através da epiderme. A cultura popular americana recentemente descobriu as tatuagens como uma forma de adorno corporal. As tintas coloridas geralmente utilizadas são menos duráveis, e tatuagens mais antigas podem atenuar-se e perder sua definição.

Atualmente, as tatuagens podem ser parcial ou totalmente removidas. O processo de remoção leva tempo (10 ou mais sessões podem ser necessárias para remover uma tatuagem grande), e a permanência de cicatrizes é freqüente. Para remover uma tatuagem, um feixe estreito e intenso de *laser* é utilizado para quebrar as moléculas de tinta na derme. Cada disparo do *laser* destrói a tinta, mas também queima a superfície do tecido dérmico. Embora as queimaduras não sejam intensas, elas se acumulam e resultam na formação de tecido cicatricial localizado.

Controle local da função do tegumento comum

O tegumento comum apresenta um grau importante de interdependência funcional. Ele responde direta e automaticamente a influências locais sem o envolvimento dos sistemas nervoso e endócrino. Por exemplo, quando a pele está sujeita à ação de forças mecânicas, células-tronco do estrato germinativo dividem-se mais rapidamente e o epitélio aumenta em profundidade. Este é o mecanismo de formação das *calosidades* nas palmas das mãos quando são realizados esforços repetidos em trabalhos pesados. Um exemplo mais evidente de regulação local pode ser observado após lesão na pele.

Após lesão grave da pele, o processo de reparação não restaura sua condição original. O local danificado contém uma densidade anormal de fibras colágenas e um número relativamente menor de vasos sangüíneos. Folículos pilosos, glândulas sebáceas ou sudoríferas, células musculares e nervos danificados raramente são reparados e também são substituídos por tecido fibroso. A formação deste **tecido cicatricial**, mais fibroso, inflexível e não-celular, pode ser considerada uma limitação prática no processo de cicatrização. A reparação da pele é mais rápida em indivíduos jovens e saudáveis. Por exemplo, o tempo de reparo completo de uma lesão vesiculada em um adulto jovem é de 3 a 4 semanas. O mesmo tipo de reparação pode levar de 6 a 8 semanas em indivíduos entre 65 e 75 anos. Entretanto, este é apenas um exemplo das modificações que ocorrem no tegumento comum como resultado do processo de envelhecimento.

Envelhecimento e tegumento comum [Figura 4.16]

O envelhecimento afeta todos os componentes do tegumento comum. Estas modificações encontram-se resumidas na Figura 4.16.

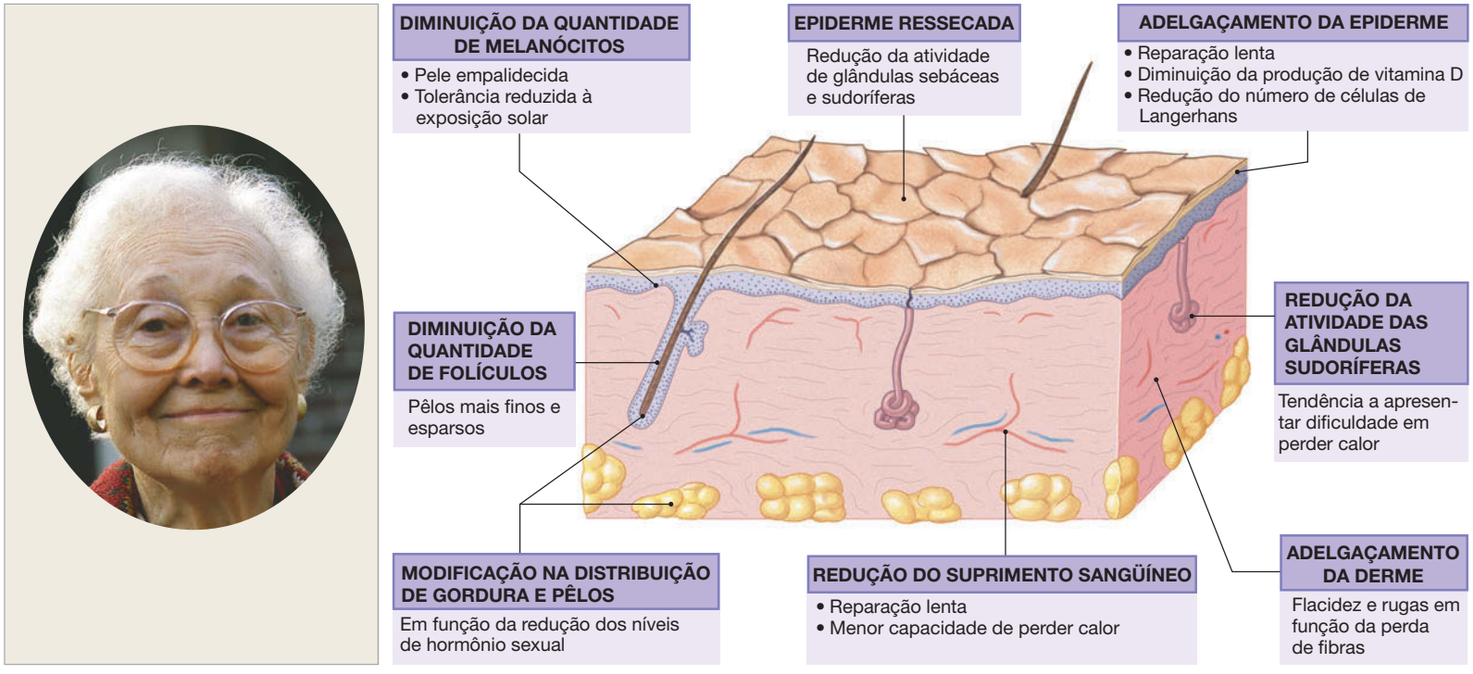


Figura 4.16 A pele durante o processo de envelhecimento.
Modificações na pele características do processo de envelhecimento; algumas causas e alguns efeitos.

1. *A epiderme torna-se mais delgada* à medida que a atividade das células germinativas declina, fazendo com que indivíduos idosos apresentem maior tendência a lesões e infecções de pele.
2. *O número de células de Langerhans diminui* em torno de 50% em relação ao encontrado na maturidade (aproximadamente 21 anos). Esta diminuição pode reduzir a sensibilidade do sistema imunológico e aumentar a tendência para o aparecimento de lesões e infecções de pele.
3. *A produção de vitamina D diminui* em torno de 75%. Os resultados podem envolver fraqueza muscular e redução da resistência óssea.
4. *A atividade dos melanócitos diminui* e em indivíduos brancos a pele torna-se muito pálida. Com menor quantidade de melanina na pele, indivíduos idosos são mais sensíveis à exposição ao sol e apresentam maior tendência a apresentar queimaduras pela ação solar.
5. *A atividade glandular diminui.* A pele torna-se seca e freqüentemente descama devido à redução da produção do sebo; as glândulas sudoríferas merócrinas também são menos ativas. Com a diminuição da perspiração, pessoas idosas não conseguem perder calor tão rapidamente quanto as mais jovens. Logo, a senescência é um grande fator de risco de aumento da temperatura em ambientes aquecidos ou mais quentes.
6. *O suprimento vascular da derme diminui*, assim como a atividade das glândulas sudoríferas. Esta combinação faz com que os idosos apresentem menor capacidade de perder calor corporal para o meio externo, fazendo com que longos períodos de exposição a altas temperaturas (como em saunas ou banheiras) possam causar um aumento significativo e perigoso da temperatura corporal.
7. Os *folículos pilosos cessam suas atividades* ou passam a produzir pêlos mais finos e delicados. Com a diminuição da atividade dos melanócitos, esses pêlos tornam-se acinzentados ou brancos.
8. *A derme torna-se mais delgada* e a rede de fibras elásticas diminui em tamanho. O tegumento comum torna-se, portanto, menos resistente e menos resiliente; há aparecimento de flacidez e rugas. Estes efeitos são mais pronunciados em áreas expostas ao sol.
9. *Características sexuais secundárias nos pêlos e na distribuição de gordura corporal tendem a desaparecer* como resultado de modificações nos níveis hormonais. Conseqüentemente, indivíduos entre 90 e 100 anos, de ambos os gêneros e de todas as raças apresentam características físicas bastante semelhantes.
10. *A reparação da pele é relativamente lenta*, o que pode resultar em infecções recorrentes.

Caso clínico

O TEGUMENTO COMUM

ANSIEDADE NO LABORATÓRIO DE ANATOMIA

João é terceiranista de psicologia e pretende cursar a faculdade de medicina após sua graduação. Ele está inscrito em uma variedade de matérias neste semestre, incluindo Anomalias em Psicologia, Escrita Profissional, Sociologia das Alterações de Comportamento e Anatomia Humana. Dentre todas essas matérias, Anatomia Humana e o trabalho em laboratório com cadáveres é a que ocupa a maior parte de seu tempo. Para se preparar para a avaliação prática bimestral, João tem passado muitas horas no laboratório. Durante seu trabalho no laboratório, tarde da noite, no dia anterior à avaliação prática, João ouve rumores sobre o alto nível de exigência nas provas. João agora está muito ansioso. Apesar de se esforçar para relaxar, ele se vê encharcado de suor. Ele sai do laboratório, toma uma ducha e troca de roupa, dirigindo-se ao centro acadêmico da universidade para fazer um lanche. Enquanto está sentado à mesa, João nota que a pele das suas mãos está um tanto vermelha e irritada.

No dia seguinte, antes do início da prova prática, João percebe que a hiperemia e a irritação na pele de suas mãos diminuiu um pouco. Ele entra no laboratório, veste o jaleco e abre uma nova caixa de luvas de procedimento. Sua mão está suada por causa do nervosismo e ele tem dificuldades em colocar as luvas, que acabam por rasgar-se. João então volta a utilizar as luvas com talco, que ele havia utilizado ao longo de todo o semestre. Finalmente ele entra e passa pela prova prática.

Dois dias mais tarde, João percebe novamente hiperemia e irritação na pele de suas duas mãos. Além disso, seus olhos estão lacrimejantes, ele apresenta coriza e rouquidão. Ao longo do dia, estes sintomas se intensificam e João recorre ao atendimento médico da sua universidade.

Exame inicial

Na clínica, o médico nota:

- ligeiro edema e aparência eritematosa em ambas as mãos;
- olhos edemaciados, lacrimejantes; coriza (ambos compatíveis com resfriado);
- voz rouca;
- temperatura corporal de 37°C.

O médico diz a João que ele está passando pelos estágios iniciais de uma gripe e indica um anti-histamínico comum (comercializado sem

Caso clínico (*continuação*)

a necessidade de prescrição médica) para os sintomas, além de hidrocortisona para a irritação observada em suas mãos.

Na semana seguinte João continua estudando no laboratório de anatomia. Nenhum dos medicamentos parece estar funcionando, e a irritação e a hiperemia nas mãos parecem ter se intensificado. Passada mais uma semana, João não consegue mais calçar suas luvas, pois os sintomas intensificam-se após minutos com elas. João retorna ao atendimento médico da sua universidade para uma segunda avaliação.

Segundo exame

O médico nota:

- edema e hiperemia em ambas as mãos (**Figura 4.17**);
- valores para intervalo de movimentação articular (IMA) normais e movimentação articular sem dor ou desconforto;
- pápulas e vesículas nas superfícies palmar e dorsal de suas mãos;
- a pele espessada, com modificações de pigmentação;
- persistência de sintomas previamente observados relacionados à coriza nasal, rouquidão e lacrimejamento.

O médico acredita que João tenha desenvolvido ou uma irritação ao talco ou uma alergia a uma ou mais das condições de trabalho no laboratório. Alergia ao látex das luvas ou ao formol utilizado para fixação dos cadáveres são possibilidades a ser consideradas. O médico:

- prescreve um anti-histamínico e um corticóide em creme mais poderoso para aliviar os sintomas de irritação na pele;
- recomenda que João evite o contato tanto com formol quanto com látex;
- prescreve uma ampola de epinefrina (adrenalina) e recomenda que ele a leve sempre consigo e a utilize em caso de uma reação anafilática no laboratório;
- solicita retorno dentro de 48 horas e pede que traga um exemplar das luvas utilizadas no laboratório e uma lista dos componentes químicos usados para a preservação dos cadáveres;
- orienta João a telefonar para o consultório médico dentro de 72 horas, caso os sintomas não diminuam.

Figura 4.17 **Dorso da mão de João.**

Pontos a considerar

Todos os sistemas do corpo, em determinados momentos, desempenham um papel importante ao apresentar sinais e sintomas, tornando possível para o médico associar pistas diversas que, de maneira ideal, levarão ao diagnóstico correto. Tanto os sintomas apresentados pelo paciente quanto a análise e interpretação feitas pelo médico contribuem para este trabalho investigativo.

Para considerar o significado das informações apresentadas no caso descrito, você deve revisar o material anatômico descrito neste capítulo. As perguntas a seguir o guiarão neste processo de revisão. Pense e responda cada uma recorrendo ao conteúdo do capítulo sempre que for necessário.

1. Quais são as características anatômicas da pele das superfícies palmar e dorsal das mãos?
2. Que estruturas anatômicas da pele são responsáveis pela sua propriedade de proteção? Que características anatômicas destas células e tecidos seriam responsáveis por essas propriedades de proteção?
3. Que estruturas anatômicas são responsáveis pela formação do suor?
4. A pele da mão de João parece ter se espessado e demonstrado modificações na sua pigmentação. Que processo anatômico seria responsável por estas modificações?

Análise e interpretação

As informações a seguir respondem às perguntas levantadas no item "Pontos a considerar". Para revisar o material, consulte as páginas do capítulo indicadas.

1. A pele nas palmas das mãos e plantas dos pés é espessa e pode ser recoberta por 30 camadas ou mais de células queratinizadas. **págs. 90-92**
2. A epiderme da pele, especialmente o estrato córneo, é responsável pela propriedade de proteção da pele. **págs. 92-93**
3. Glândulas sudoríferas na pele produzem suor. Essas glândulas são controladas pelo sistema nervoso autônomo, que estaria mais ativo que o normal devido ao nervosismo de João antes da prova. **págs. 102-103**
4. Ainda que de grau leve, a irritação repetida na mão de João causada pelas luvas de látex aumentará a síntese de querato-hialina e queratina no estrato granuloso da pele. **págs. 91-92** Como resultado do espessamento da epiderme da pele, a coloração da região afetada da pele se tornará mais clara. **pág. 93**

Diagnóstico

João apresenta uma reação alérgica ao látex, comum entre profissionais da área de saúde, estudantes e qualquer indivíduo que trabalha exposto a produtos que contêm látex. Estágios avançados de alergia

Caso clínico (*continuação*)

ao látex, como o que João está apresentando por causa do uso continuado de luvas de látex ao longo de um semestre, são acompanhados de coriza, lacrimejamento e rouquidão pelo envolvimento geral das túnicas mucosas do nariz, dos olhos e da laringe. Essa túnica mucosa constitui uma barreira à entrada de patógenos (pág. 72), e a alergia ao látex de João está afetando sua estrutura anatômica e função.

Alergias à borracha do látex natural têm se tornado mais comuns em crianças e adultos, transformando-se em um sério problema para os profissionais da saúde.

Látex é o líquido leitoso derivado das árvores seringueiras. É constituído principalmente por compostos orgânicos benignos. Esses compostos são responsáveis por grande parte da sua característica de resiliência e elasticidade. O látex também contém uma grande variedade de açúcares, lipídeos, ácidos nucléicos e proteínas.

Após sua produção industrial, as luvas de látex são secas e lavadas na tentativa de se reduzir a quantidade de proteínas e impurezas na sua superfície. As luvas de látex são freqüentemente lubrificadas com amido de milho ou talco, que têm a capacidade de absorver qualquer resíduo de proteínas do látex, remanescentes do processo de manufatura. Essas proteínas residuais do látex contribuem para a possibilidade de uma reação alérgica no usuário de luvas.

O látex é utilizado em uma grande variedade de produtos atualmente. Além disso, o látex tem sido utilizado em um crescente número de aparatos e equipamentos médicos nos últimos 20 anos. No final da década de 1980, o uso do látex na indústria médica aumentou vertiginosamente quando as luvas de látex foram amplamente recomendadas entre os profissionais da saúde para a prevenção da transmissão de patógenos por sangue, inclusive o vírus da imunodeficiência humana (HIV). Bilhões de pares de luvas cirúrgicas são importados anualmente pelos Estados Unidos. Este uso amplamente difundido do látex tem feito com que as alergias ao látex tenham aumentado entre os profissionais da saúde em todo o mundo. ■

TERMOS DO CASO CLÍNICO

Ampola de epinefrina (adrenalina): Instrumento que permite uma injeção rápida de uma quantidade predeterminada de epinefrina em um indivíduo sem a presença de um profissional da saúde.

Eritema: Vermelhidão devida à dilatação de capilares.

Pápula: Elevação sólida da pele, localizada e contendo líquido.

Reação anafilática: Sensibilidade induzida sistêmica ou generalizada.

Vesícula: Pequena elevação na pele (menor que 1 cm), localizada e contendo líquido.

TERMOS CLÍNICOS

Acne: Inflamação de uma glândula sebácea causada pelo acúmulo de secreções.

Agulha hipodérmica: Agulha utilizada para administração de medicamentos por via subcutânea.

Assadura: Dermatite localizada causada pela combinação entre umidade, substâncias químicas irritativas dos resíduos fecais e urinários e microrganismos.

Carcinoma basocelular: Tumor maligno de origem no estrato germinativo. É o tipo mais comum de câncer de pele, e aproximadamente dois terços destes cânceres manifestam-se em áreas sujeitas à exposição crônica à radiação UV.

Carcinoma de células escamosas: Uma forma mais rara de câncer de pele, quase totalmente restrita a áreas expostas ao sol. Raramente ocorre metástase, exceto em casos de tumores avançados.

Contração: A junção das extremidades das margens opostas de um ferimento durante o processo de reparação.

Crosta: Coágulo de fibrina que se forma na superfície de um ferimento na pele.

Dermatite: Uma inflamação da pele que envolve principalmente a região papilar da derme.

Dermatite de contato: Dermatite geralmente causada por substâncias químicas de forte ação irritativa. Produzem lesões e prurido, que podem ser disseminados para outras áreas, caso o contato manual (do ato de coçar) distribua também o agente químico; algumas heras e outros tipos de plantas venenosas podem ser citados como exemplos de agentes causadores da dermatite de contato.

Dermatite seborréica: Inflamação ao redor de glândulas sebáceas anormalmente ativas.

Eczema: Dermatite que pode ser disparada por modificações de temperatura, fungos, substâncias químicas irritativas, óleos, detergentes ou estresse e que pode estar relacionada a fatores hereditários ou ambientais.

Enxerto de pele: Transplante de uma área seccionada de pele (espessura parcial ou total) para recobrir uma extensa área danificada, como ocorre em queimaduras de terceiro grau.

Erisipela: Inflamação generalizada da derme causada por infecção bacteriana.

Eritema: Vermelhidão da pele causada por dilatação dos vasos capilares.

Hemangioma capilar: Marca de nascimento causada por um tumor nos vasos capilares da camada papilar da derme. Geralmente cresce após o nascimento e subseqüentemente involui e desaparece.

Hemangioma cavernoso (mancha em vinho do Porto): Marca de nascimento causada por um tumor que afeta vasos maiores na derme. Estas marcas geralmente permanecem ao longo da vida.

Melanoma maligno: Câncer de pele originado de melanócitos malignos. Metástases potencialmente letais ocorrem com freqüência.

Pápula: Elevação na pele, circunscrita e sólida, de até 100 cm de diâmetro.

Psoríase: Alteração indolor, caracterizada por rápida divisão de células-tronco no estrato germinativo do couro cabeludo, cotovelos, região inguinal, plantas dos pés, palmas das mãos e unhas. As áreas afetadas apresentam aparência seca e descamam.

Quelóide: Área espessada de tecido cicatricial recoberto por uma superfície epidérmica lisa e brilhante. Geralmente desenvolve-se na região superior do dorso, tórax, ombros e lóbulos das orelhas, em indivíduos de pele escura.

Sepse: Infecção bacteriana disseminada e perigosa. A sepse é a principal causa de morte em pacientes gravemente queimados.

Tecido de granulação: Uma combinação de fibrina, fibroblastos e capilares que se forma durante a reparação tecidual após inflamação.

Úlcera de decúbito (escaras): Úlceras que ocorrem em áreas sujeitas a uma diminuição ou restrição da circulação, especialmente comum em indivíduos acamados.

Urticária (dermatite alérgica): Dermatite extensa resultante de reação alérgica a alimentos, drogas, picadas de insetos, infecção, estresse ou outros estímulos.

Vesícula: Pequena elevação na pele (menor que 1 cm), localizada e contendo líquido.

Xerose: "Pele seca", queixa comum em idosos e habitantes de climas áridos.

RESUMO PARA ESTUDO

Introdução 89

1. O **tegumento comum**, ou *pele*, funciona como proteção contra fatores agressores do ambiente externo. Seus receptores transmitem informações sobre o ambiente externo; ajuda na regulação da temperatura corporal.

Estrutura e função do tegumento comum 90

1. O **tegumento comum**, ou **pele**, inclui a **epiderme**, superficial, a **derme**, mais profunda, e **estruturas acessórias**, incluindo **folículos pilosos**, **unhas** e **glândulas exócrinas**. A tela subcutânea é profunda à pele. (*ver Figuras 4.1/4.2)*

A epiderme 90

1. Existem quatro tipos de células na epiderme: **queratinócitos**, células epiteliais mais abundantes; **melanócitos**, células que produzem pigmento; **células de Merkel**, envolvidas na percepção de sensações táteis; e **células de Langerhans**, células fagocitárias do sistema imunológico. Melanócitos, células de Merkel e células de Langerhans encontram-se dispersas entre os queratinócitos.
2. A epiderme é um *epitélio escamoso estratificado.* Existem cinco camadas de queratinócitos na epiderme da **pele espessa** e quatro na **pele delgada**. *(ver Figura 4.4)*

Camadas da epiderme 91

3. A divisão de células basais do **estrato germinativo** produz novos queratinócitos que substituem as células mais superficiais. *(ver Figuras 4.2 a 4.6)*
4. À medida que novas células epidérmicas se diferenciam, passam através do **estrato espinhoso**, do **estrato granuloso** e do **estrato lúcido** (da pele espessa) e do **estrato córneo**. Os queratinócitos movem-se em direção à superfície, e através do processo de queratinização as células acumulam grandes quantidades de **queratina**. Finalmente, as células são desprendidas e perdidas, descamando-se da superfície epidérmica. *(ver Figura 4.3)*

Pele espessa e delgada 93

5. A **pele delgada** recobre a maior parte do corpo; a **pele espessa** recobre apenas as áreas sujeitas a maior abrasão, como as palmas das mãos e plantas dos pés. *(ver Figura 4.4)*
6. As **cristas epidérmicas**, como as observadas nas palmas das mãos e plantas dos pés, contribuem para a capacidade de agarrar objetos e aumentam a sensibilidade da pele. O padrão das cristas epidérmicas é determinado geneticamente. As cristas conectam-se às **papilas dérmicas** da derme subjacente *(ver Figuras 4.4/4.5)*
7. A coloração da epiderme depende da combinação de três fatores: o suprimento sangüíneo à derme, a espessura do estrato córneo e a quantidade variável de dois pigmentos: *caroteno* e *melanina.* A melanina ajuda a proteger a pele dos efeitos prejudiciais da **radiação ultravioleta** excessiva. *(ver Figura 4.6)*

A derme 95

Organização da derme 95

1. Duas camadas compõem a derme: a **camada papilar** superficial e a **camada reticular** mais profunda. *(ver Figuras 4.2/4.4/4.7 a 4.9)*
2. A camada papilar tem seu nome derivado da sua associação com as papilas dérmicas. Contém vasos sangüíneos e linfáticos, além de nervos sensitivos. Essa camada sustenta e nutre a epiderme sobrejacente. *(ver Figuras 4.4/4.7)*
3. A camada reticular consiste em uma rede emaranhada de fibras colágenas e elásticas, orientadas em todas as direções para resistir a tensões aplicadas na pele. *(ver Figura 4.8)*

Outros componentes dérmicos 96

4. Um suprimento sangüíneo extenso à pele inclui os **plexos cutâneo** e **papilar**. A camada papilar contém capilares em abundância que drenam para as veias desses plexos. *(ver Figura 4.2)*
5. Nervos sensitivos suprem a pele. Monitoram o tato, a temperatura, a dor, a pressão e a vibração. *(ver Figura 4.2)*

A tela subcutânea 97

1. A **tela subcutânea** é também conhecida como **hipoderme**. Apesar de não ser considerada como parte do tegumento comum, estabiliza a posição da pele em relação aos órgãos e tecidos subjacentes e ainda permite limitado movimento independente. *(ver Figuras 4.2/4.7)*

Estruturas acessórias 98

Folículos pilosos e pêlos 98

1. Os pêlos originam-se em órgãos complexos denominados **folículos pilosos**, que se estendem em direção à derme. Cada pêlo apresenta **bulbo**, **raiz** e **haste**. A produção de pêlos envolve a queratinização especial das células epiteliais da **matriz pilosa**. No centro da matriz, as células formam um núcleo macio ou **medula**; células na extremidade do pêlo formam um córtex rígido. A **cutícula** é uma camada enrijecida de células inertes e queratinizadas que revestem o pêlo. *(ver Figuras 4.2/4.9 a 4.11)*
2. A luz do folículo é revestida pela **bainha interna da raiz**, produzida pela matriz pilosa. A **bainha externa da raiz** circunda a bainha interna da raiz entre a superfície da pele e a matriz pilosa. A **membrana vítrea** é a lâmina basal espessada, externa à bainha externa da raiz; é envolta por uma camada de tecido conectivo denso. *(ver Figura 4.10)*
3. O **plexo da raiz do pêlo** de nervos sensitivos circunda a base de cada folículo piloso e detecta o movimento da haste do pêlo. Contrações do **músculo eretor do pêlo** elevam o pêlo ao tracionar o folículo. *(ver Figuras 4.9/4.10a)*
4. **Velo**, **pêlos intermediários** e **pêlos terminais** espessos constituem os diferentes tipos de pêlos que integram o corpo. *(ver Figura 4.11)*
5. Pêlos crescem e são perdidos de acordo com o **ciclo de crescimento do pêlo**. Um único pêlo cresce por 2 a 5 anos e é então perdido. *(ver Figura 4.11)*

Glândulas na pele 100

6. **Glândulas sebáceas** liberam secreção ceruminosa e oleosa (**sebo**) no folículo piloso. **Folículos sebáceos** são glândulas sebáceas grandes que não produzem pêlos; elas comunicam-se diretamente com a epiderme. *(ver Figura 4.13)*
7. **Glândulas sudoríferas apócrinas** produzem secreção de odor característico; as mais numerosas **glândulas sudoríferas merócrinas**, *ou glândulas sudoríferas écrinas,* produzem secreção fina e aquosa conhecida como **perspiração sensível**, ou **suor**. *(ver Figuras 4.12/4.14)*
8. As **glândulas mamárias** assemelham-se a glândulas sudoríferas apócrinas, porém são maiores e mais complexas. As glândulas mamárias ativas secretam leite. **Glândulas ceruminosas** no meato acústico externo são glândulas sudoríferas modificadas, que produzem **cerume**.

Unhas 103

9. As **unhas** protegem a extremidade exposta dos dedos e limitam distorções quando eles são sujeitos à força mecânica.
10. O **corpo da unha** recobre o **vale da unha**, e a produção da unha ocorre no nível da **matriz da unha**. O **eponíquio** (“**cutícula**”) é formado por uma prega do estrato córneo, a **prega cutânea**, estendendo-se da **matriz da unha** à parte exposta da unha. *(ver Figura 4.15)*

Controle local da função do tegumento comum 105

1. A pele pode reparar-se mesmo após lesão consideravelmente importante, como cortes profundos ou queimaduras moderadas.
2. Lesões graves à derme e às glândulas acessórias não podem ser totalmente reparadas, e um **tecido cicatricial** fibroso permanece no local.

Envelhecimento e tegumento comum 105

1. Os efeitos do envelhecimento afetam todas as camadas e estruturas acessórias do tegumento comum. *(ver Figura 4.16)*

REVISÃO DO CAPÍTULO

Para respostas às questões da Revisão dos Conceitos e Revisão do Capítulo, veja a seção de Respostas na parte final do livro.

Nível 1 – Revisão de fatos e termos

Associe cada item numerado com a letra do item que melhor se relaciona. Utilize letras para as respostas nos espaços apropriados.

Coluna A	Coluna B
__1. hipoderme	a. fibroso, não-celular
__2. derme	b. holócrina; secreção oleosa
__3. célula-tronco	c. células pigmentadas
__4. queratinizado/córneo	d. estrato germinativo
__5. melanócitos	e. tela subcutânea
__6. epiderme	f. camada papilar
__7. glândula sebácea	g. estrato córneo
__8. glândula sudorífera	h. epitélio escamoso estratificado
__9. tecido cicatricial	i. merócrina; secreção translúcida

10. Anatomicamente, "pele espessa" e "pele delgada" são termos que se referem a diferenças na espessura da:
    (a) camada papilar (b) derme
    (c) hipoderme (d) epiderme

11. Os efeitos do envelhecimento na pele incluem:
    (a) declínio na atividade das glândulas sebáceas
    (b) aumento da produção de vitamina D
    (c) espessamento da epiderme
    (d) aumento de suprimento sangüíneo à derme

12. A coloração da pele é resultado de:
    (a) suprimento sangüíneo à derme
    (b) composição do pigmento
    (c) concentração do pigmento
    (d) todas as anteriores

13. A perspiração sensível:
    (a) resfria a superfície da pele para reduzir a temperatura corporal
    (b) oferece uma rota excretora para eliminação de água e eletrólitos
    (c) dilui substâncias químicas prejudiciais e inibe o desenvolvimento bacteriano na pele
    (d) todas as anteriores

14. A camada da pele que contém tanto feixes entrelaçados de fibras colágenas quanto proteína elastina, e é a responsável pela resistência da pele, é a:
    (a) camada papilar (b) camada reticular
    (c) camada epidérmica (d) camada hipodérmica

15. A camada da epiderme que contém células em divisão é o:
    (a) estrato córneo (b) estrato germinativo
    (c) estrato granuloso (d) estrato lúcido

16. A perda de água por penetração do líquido intersticial na superfície da pele é chamada de:
    (a) perspiração sensível (b) perspiração insensível
    (c) perspiração latente (d) perspiração ativa

17. Todos os itens a seguir são efeitos do envelhecimento, exceto:
    (a) o adelgaçamento da epiderme da pele
    (b) o aumento do número das células de Langerhans
    (c) uma diminuição na atividade dos melanócitos
    (d) uma diminuição da atividade glandular

18. Cada um dos itens a seguir descreve uma função do tegumento comum, exceto:
    (a) proteção do tecido subjacente (b) excreção
    (c) síntese de vitamina C (d) termorregulação

19. O caroteno é:
    (a) um pigmento amarelo-alaranjado que se acumula nas células da epiderme
    (b) um outro nome para a melanina
    (c) depositado em células do estrato granuloso para proteger a epiderme
    (d) um pigmento que confere coloração característica à hemoglobina

20. Qual afirmação descreve melhor uma raiz pilosa?
    (a) estende-se do bulbo ao ponto onde a organização interna do pêlo está completa
    (b) é a parte inerte do pêlo
    (c) circunda todo o pêlo, profundamente até a superfície da pele
    (d) inclui todas as estruturas do folículo piloso

Nível 2 – Revisão de conceitos

1. As cristas epidérmicas:
    (a) encontram-se apenas na superfície da epiderme
    (b) formam padrões de cristas na superfície da pele
    (c) produzem padrões determinados pelo ambiente
    (d) interconectam-se com a mácula de adesão (desmossomo) do estrato espinhoso

2. Por que indivíduos de pele clara precisam proteger-se da ação solar com maior cuidado do que indivíduos de pele escura?

3. Como e por que se formam as calosidades?

4. Marcas de estrias podem ocorrer em decorrência da gestação. O que causa o aparecimento das marcas de estrias?

5. De que forma a proteína queratina interfere na aparência e na função do tegumento comum?

6. Qual(is) característica(s) faz(em) da tela subcutânea uma região própria e freqüentemente eleita para a realização de injeções hipodérmicas?

7. Por que lavar a pele e aplicar desodorante reduz o odor das glândulas sudoríferas apócrinas?

8. O que ocorre com um indivíduo que está cianótico e quais estruturas do corpo evidenciam esta condição com maior facilidade?

9. Por que os idosos são menos capazes de se adaptar a temperaturas extremas?

10. A pele pode reparar-se efetivamente mesmo após lesão consideravelmente grave porque:
    (a) a epiderme da pele apresenta rico suprimento por pequenos vasos sangüíneos
    (b) fibroblastos na pele geram novas células germinativas epiteliais
    (c) a contração da área lesada une células de estratos adjacentes
    (d) células-tronco persistem tanto em componentes de tecido epitelial quanto de tecido conectivo da pele, mesmo após lesão

Nível 3 – Pensamento crítico

1. Em uma condição denominada insolação, a vítima apresenta aparência avermelhada, a pele apresenta-se quente e ressecada, e a temperatura corporal aumenta drasticamente. Explique estas observações considerando o que você sabe em relação ao papel da pele na termorregulação corporal.

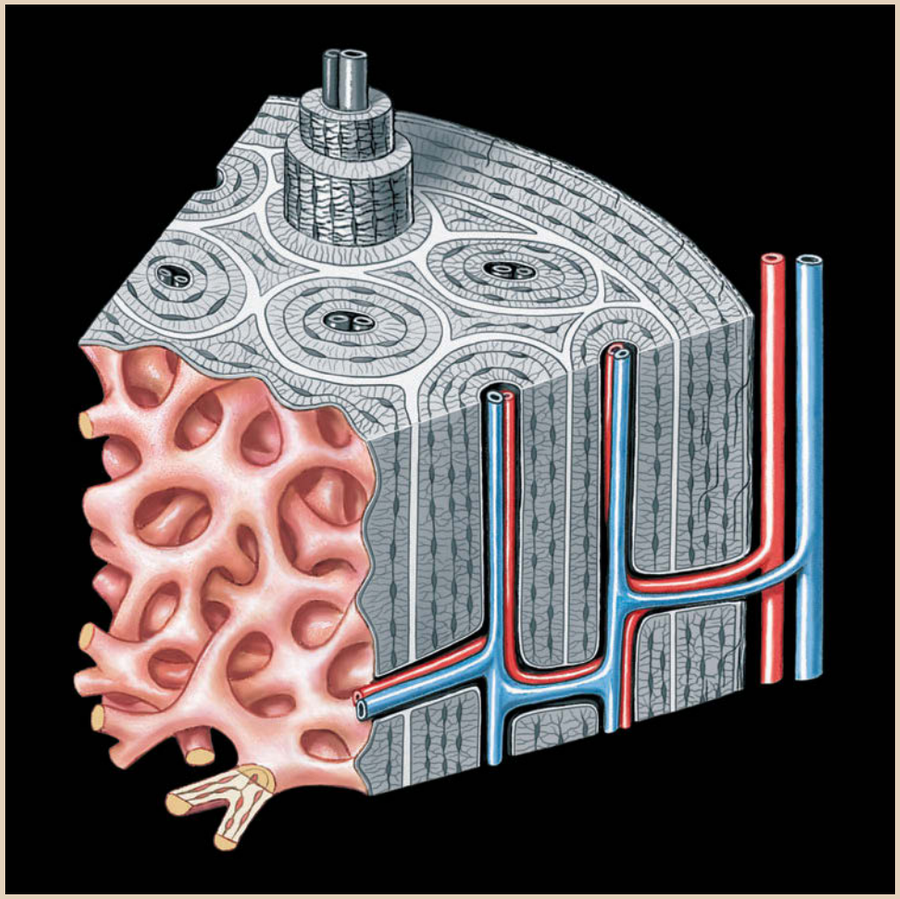
2. Você está prestes a passar por uma cirurgia. Por que é importante que seu médico tenha um excelente conhecimento das linhas de clivagem da pele?

3. Muitos medicamentos podem ser administrados por via transdérmica, por meio da aplicação de adesivos, contendo a droga, sobre a superfície da pele. Esses adesivos podem ser fixados sobre a pele de qualquer parte do corpo, exceto nas palmas das mãos ou nas plantas dos pés. Por quê?

5

O Sistema Esquelético

Tecido Ósseo e Estrutura do Esqueleto



Introdução 112

Estrutura do osso 112

Desenvolvimento e crescimento ósseo 117

Manutenção, remodelamento e reparação óssea 124

Anatomia dos elementos do esqueleto 126

Integração com outros sistemas 130

OBJETIVOS DO CAPÍTULO:

1. Descrever as funções do sistema esquelético.
2. Descrever os tipos de células encontrados no osso maduro e comparar suas funções.
3. Comparar as estruturas e funções das substâncias compacta e esponjosa dos ossos.
4. Localizar e comparar a estrutura e a função do periósteo e do endósteo.
5. Discutir os passos responsáveis pelas variações na estrutura do osso no processo de crescimento e desenvolvimento ósseo.
6. Discutir os fatores hormonais e nutricionais que afetam o crescimento.
7. Descrever o remodelamento do esqueleto, incluindo os efeitos da nutrição, dos hormônios, do exercício e do envelhecimento sobre o desenvolvimento ósseo e o sistema esquelético.
8. Descrever os diferentes tipos de fratura e explicar como as fraturas se reparam.
9. Classificar os ossos de acordo com a morfologia e dar exemplos de cada tipo.

O sistema esquelético inclui os diferentes ossos do esqueleto, além de cartilagens, ligamentos e outros tecidos conectivos que os estabilizam ou interligam. Os ossos são mais do que simples estruturas rígidas que sustentam os músculos; eles sustentam o peso do corpo e trabalham com os músculos para produzir movimentos controlados e precisos. Sem a estrutura de sustentação dos ossos, a contração muscular apenas tornaria os músculos mais curtos e espessos. Os músculos devem tracionar o esqueleto para fazer-nos sentar, levantar, andar ou correr. O esqueleto tem várias outras funções vitais; como algumas podem não lhe ser familiares, começaremos este capítulo resumindo as principais funções do sistema esquelético.

1. *Sustentação*: O sistema esquelético fornece um arcabouço estrutural para todo o corpo. Ossos isolados ou grupos de ossos fornecem uma estrutura de sustentação para tecidos moles e órgãos.
2. *Armazenamento de minerais*: Os sais de cálcio do osso representam uma valiosa reserva mineral que mantém a concentração de íons cálcio e fosfato nos líquidos corporais. O cálcio é o mineral mais abundante no corpo. Um corpo humano típico tem 1 a 2 kg de cálcio, dos quais mais de 98% estão depositados nos ossos do esqueleto.
3. *Produção de células sangüíneas*: Glóbulos vermelhos, glóbulos brancos e plaquetas são produzidos na *medula óssea vermelha*, que preenche as cavidades internas de muitos ossos. O papel da medula óssea na formação das células sangüíneas será descrito em capítulos posteriores, onde são discutidos os sistemas circulatório e linfático (Capítulos 20 e 23).
4. *Proteção*: Tecidos e órgãos delicados são geralmente protegidos por elementos do esqueleto. As costelas protegem o coração e os pulmões, o crânio contém o encéfalo, as vértebras servem como anteparo para a medula espinal e a pelve abriga órgãos digestórios e genitais.
5. *Alavancagem*: Muitos ossos do esqueleto funcionam como alavancas, podendo alterar a magnitude e a direção das forças geradas pelos músculos esqueléticos. Os movimentos produzidos abrangem desde o delicado movimento da ponta de um dedo até amplas modificações na posição do corpo inteiro.

Este capítulo descreve a estrutura, o desenvolvimento e o crescimento do osso. Os dois capítulos seguintes organizam os ossos em duas divisões: o *esqueleto axial* (que compreende os ossos do crânio, a coluna vertebral, o esterno e as costelas) e o *esqueleto apendicular* (que compreende os ossos dos membros e ossos associados que ligam os membros ao tronco ao nível dos ombros e da pelve). O capítulo final neste grupo estuda as articulações, estruturas onde os ossos se encontram e podem movimentar-se uns em relação aos outros.

Os ossos do esqueleto são órgãos dinâmicos e complexos, que contêm tecido ósseo, outros tecidos conectivos, tecido muscular liso e tecido nervoso. Consideraremos agora a organização interna de um osso típico.

Estrutura do osso

O osso, ou **tecido ósseo**, é um dos tecidos conectivos de sustentação. (É importante fazer agora uma revisão dos conhecimentos sobre tecidos conectivos densos, cartilagem e osso.) ∞ págs. 66-72 Assim como outros tecidos conectivos, o tecido ósseo contém células especializadas e uma matriz extracelular composta de fibras protéicas e substância fundamental. A matriz do tecido ósseo é sólida e resistente devido à deposição de sais de cálcio ao redor das fibras de proteína.

O tecido ósseo é geralmente separado dos tecidos contíguos por um *periósteo* de consistência fibrosa. Quando o tecido ósseo circunda outro tecido, sua superfície interna é revestida por um *endósteo* de característica celular.

A organização histológica do osso maduro

A organização básica do tecido ósseo foi apresentada no Capítulo 3. ∞ págs. 71-72 A partir de agora será oferecida uma visão mais aprofundada da organização da matriz e das células ósseas.

A matriz do osso

O fosfato de cálcio, $Ca_3(PO_4)_2$, é responsável por aproximadamente dois terços do peso do osso. O fosfato de cálcio interage com o hidróxido de cálcio [$Ca(OH)_2$] para formar cristais de hidroxiapatita, $Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2$. Conforme se formam, esses cristais também incorporam outros sais de cálcio, como o carbonato de cálcio, e íons, como sódio, magnésio e flúor. Estes componentes inorgânicos conferem ao osso capacidade de resistir à compressão. Aproximadamente um terço do peso do osso corresponde a fibras colágenas que conferem ao osso resistência à tração. Os osteócitos e outros tipos de células respondem por apenas 2% da massa de um osso típico.

Os cristais de fosfato de cálcio são muito resistentes, mas relativamente inflexíveis. Eles podem suportar compressão, mas podem partir-se quando expostos a dobramento, torção ou impactos repentinos. As fibras colágenas são resistentes e flexíveis; podem facilmente tolerar estiramentos, torções e dobramentos, mas, quando comprimidas, elas simplesmente cedem. No osso, as fibras colágenas fornecem o arcabouço para a formação dos cristais minerais. Os cristais de hidroxiapatita formam pequenas placas que se dispõem ao longo das fibras colágenas. O resultado é uma combinação proteína-cristal com propriedades intermediárias entre aquelas do colágeno e as do cristal mineral puro.

As células do osso maduro [Figura 5.1]

O osso contém uma população de diferentes células, incluindo *células osteoprogenitoras, osteoblastos, osteócitos e osteoclastos* (Figura 5.1a).

Osteócitos As células ósseas maduras são denominadas **osteócitos** (*osteon*, osso). Elas mantêm e monitoram o conteúdo de proteínas e minerais da matriz circundante. Como veremos adiante, os minerais na matriz são constantemente reciclados. Cada osteócito comanda tanto a liberação do cálcio do osso para o sangue quanto a deposição dos sais de cálcio na matriz circundante. Os osteócitos ocupam pequenas câmaras, denominadas **lacunas**, limitadas por duas camadas de matriz óssea calcificada. Essas camadas de matriz são conhecidas como **lamelas** (Figura 5.1b-d). Canais denominados **canalículos** irradiam-se através da matriz de uma lacuna a outra e em direção às superfícies livres e a vasos sangüíneos adjacentes. Os canalículos, que contêm finos processos citoplasmáticos e substância fundamental, interligam os osteócitos situados em lacunas adjacentes. Junções oclusivas (*tight*) ligam esses processos e oferecem uma via para difusão de nutrientes e produtos residuais de um osteócito para outro através de junções comunicantes (*gap*).

Osteoblastos Células de formato cubóide encontradas nas superfícies interna ou externa do osso são denominadas **osteoblastos** (*blasto*, precursor). Essas células secretam os componentes orgânicos da matriz. Este material, denominado **osteóide**, posteriormente torna-se mineralizado por um mecanismo ainda desconhecido. Os osteoblastos são responsáveis pela produção de novo osso, um processo denominado **osteogênese** (*gennan*, produzir). Embora o estímulo exato seja desconhecido, acredita-se que os osteoblastos possam responder a estímulos hormonais ou mecânicos para iniciar a osteogênese. Se um osteoblasto se torna circundado por matriz, ele se diferencia em um osteócito.

Células osteoprogenitoras O tecido ósseo contém um pequeno número de **células osteoprogenitoras** (*progenitor*, ancestral). As células osteoprogenitoras se diferenciam a partir do mesênquima e são encontradas nas camadas mais profundas do periósteo e no *endósteo* que reveste as

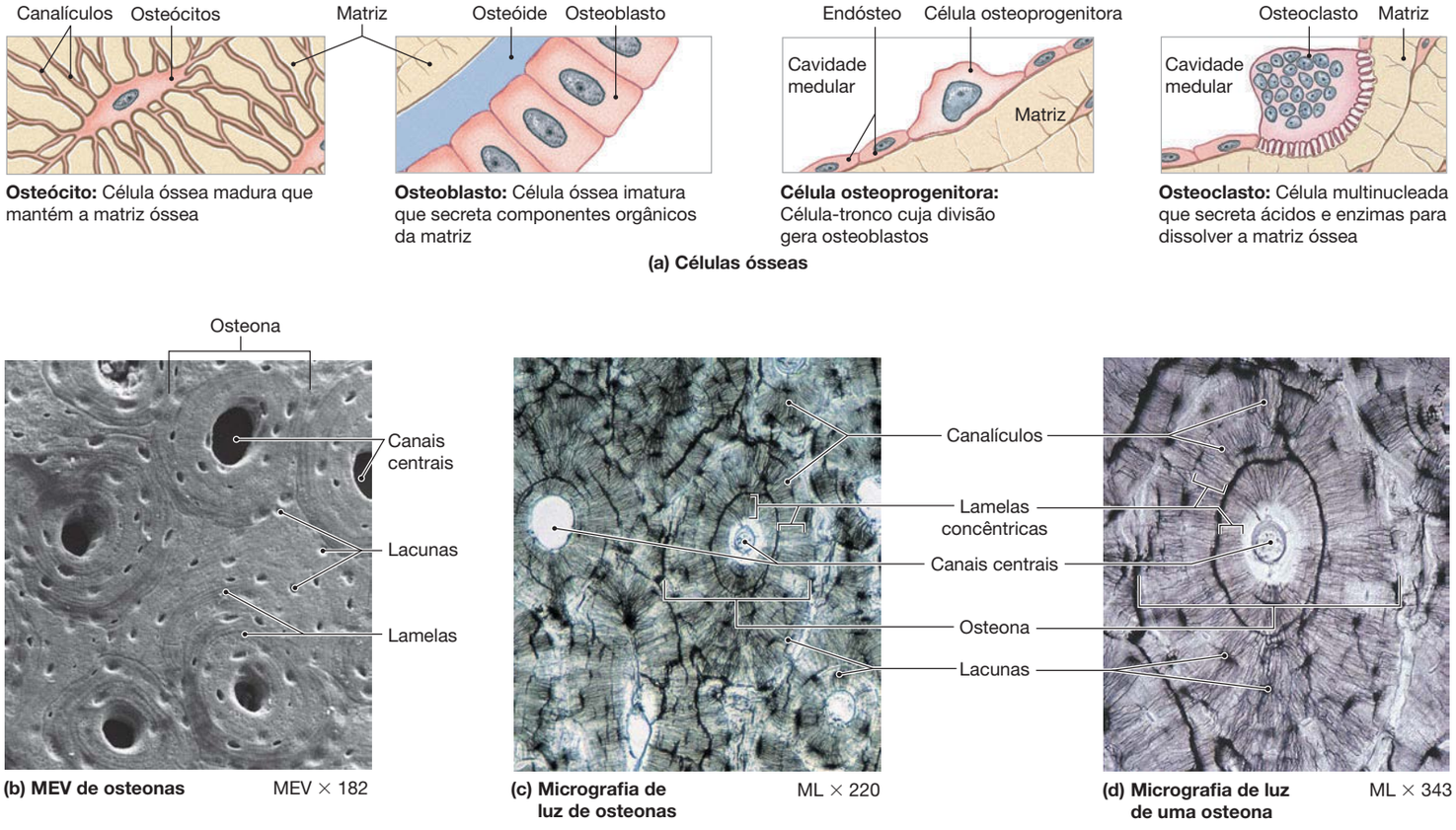


Figura 5.1 Estrutura histológica de um osso típico.
O tecido ósseo contém células especializadas e uma densa matriz extracelular contendo sais de cálcio. **(a)** As células do osso. **(b)** Micrografia eletrônica de varredura de várias osteonas na substância óssea compacta. **(c)** Secção fina de substância óssea compacta; neste procedimento, a matriz intacta e os canais centrais aparecem brancos, e as lacunas e canalículos são apresentados em preto. **(d)** Uma única osteona em maior aumento. *[(b) © R. G. Kessel e R.H. Kardon, "Tissues and Organs: A Text-Atlas of Scanning Electron Microscopy", W. H. Freeman & Co., 1979. Todos os direitos reservados.]*

cavidades medulares. As células osteprogenitoras podem dividir-se para produzir células-filhas que se diferenciam em osteoblastos. A capacidade de produzir osteoblastos adicionais adquire grande importância após uma fratura ou fissura óssea. O processo de reparação será visto mais adiante.

Osteoclastos São células grandes e multinucleadas. São derivadas das mesmas células-tronco que dão origem aos monócitos e neutrófilos. ∞ págs. 62-63 Elas secretam ácidos por meio de exocitose dos lisossomos. Os ácidos dissolvem a matriz óssea e liberam aminoácidos, o cálcio e o fosfato armazenados. Este processo de erosão, chamado de **osteólise**, aumenta a concentração dos íons cálcio e fosfato nos líquidos corporais. Os osteoclastos estão constantemente removendo matriz e liberando minerais, e os osteoblastos estão sempre produzindo matriz que rapidamente agrega esses minerais. O equilíbrio entre as atividades dos osteoblastos e dos osteoclastos é muito importante; quando os osteoclastos removem sais de cálcio mais rapidamente do que os osteoblastos os depositam, os ossos ficam fracos. Quando a atividade osteoblástica predomina, os ossos ficam mais fortes e robustos.

Substância compacta e esponjosa dos ossos [Figura 5.2]

Existem dois tipos de substâncias ósseas: *substância compacta*, ou densa, e *substância esponjosa*, ou *trabecular*. A **substância compacta** é relativamente densa e sólida, enquanto a **substância esponjosa** forma uma estrutura reticular aberta de placas e travas de sustentação. Os dois tipos de tecido estão presentes em ossos típicos do esqueleto, como o *úmero*, o osso proximal do membro superior, e o *fêmur*, o osso proximal do membro inferior. A substância compacta do osso forma as paredes, enquanto uma camada interna de substância esponjosa circunda a **cavidade medular** (medula) (Figura 5.2a). A cavidade medular contém **medula óssea**, um tecido conectivo frouxo que pode ter predomínio de adipócitos (**medula óssea amarela**) ou uma mistura de células sangüíneas vermelhas ou brancas, em diferentes estágios de maturação, e de células-tronco que as produzem (**medula óssea vermelha**).

Diferenças estruturais entre substância compacta e esponjosa

A composição da matriz na substância compacta é a mesma da esponjosa. A diferença entre elas está no arranjo tridimensional dos osteócitos, dos canalículos e das lamelas.

Substância compacta [Figuras 5.1b-d/5.2] A unidade funcional básica da substância compacta madura é a **osteona** cilíndrica, ou *sistema de Havers* (Figura 5.1b-d). No interior de uma osteona, os osteócitos se dispõem em camadas concêntricas ao redor de um **canal central**, ou *canal de Havers*, que contém os vasos sangüíneos que suprem a osteona. Os canais centrais geralmente fazem trajeto paralelo à superfície do osso (Figura 5.2a). Outras vias conhecidas como **canais perfurantes**, ou *canais de Volkmann*, se estendem de maneira aproximadamente perpendicular à superfície (Figura 5.2b). Os vasos sangüíneos nos canais perfurantes conduzem sangue para as osteonas, mais profundas no osso, e servem o interior da cavidade medular. As lamelas de cada osteona são cilíndricas e alinhadas paralela-

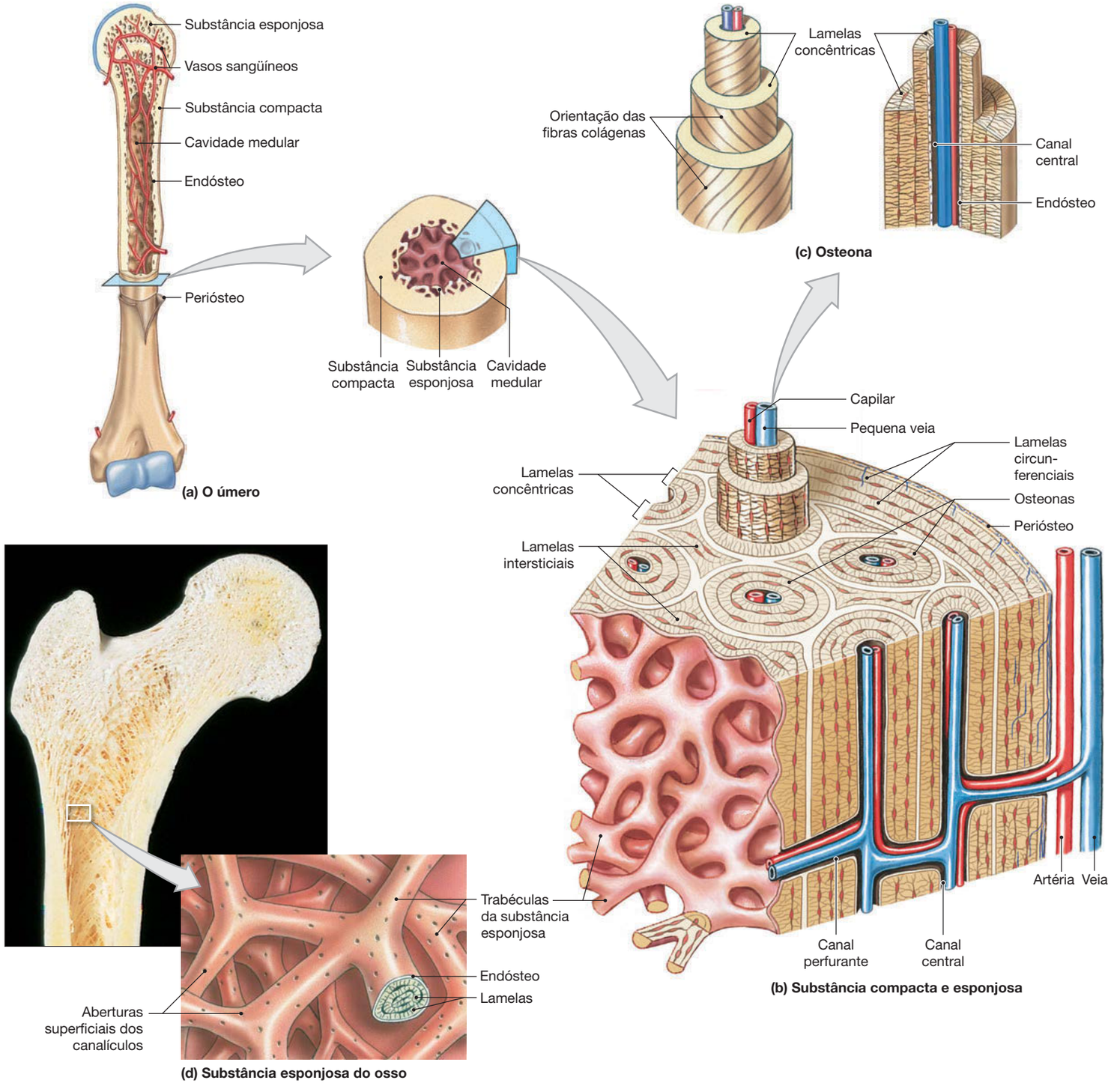


Figura 5.2 A organização interna de ossos típicos.
A relação estrutural entre substâncias compacta e esponjosa em ossos típicos. **(a)** Anatomia macroscópica do úmero. **(b)** Representação diagramática da organização histológica das substâncias ósseas compacta e esponjosa. **(c)** A organização de fibras colágenas dentro das lamelas concêntricas. **(d)** Localização e estrutura da substância óssea esponjosa. A fotografia mostra a vista em secção da extremidade proximal de um fêmur.

mente ao eixo longo do osso. Essas lamelas são conhecidas como *lamelas concêntricas*. Em conjunto, as lamelas concêntricas formam uma série de anéis concêntricos ao redor do canal central, assemelhando-se a um alvo (**Figura 5.2b,c**). As fibras colágenas espirais ao longo do comprimento de cada lamela, e as variações da direção de seu espiralamento em lamelas adjacentes, reforçam a osteona como um todo. Os canalículos interligam as lacunas de uma osteona e formam uma rede de ramificações que atinge o canal central. As *lamelas intersticiais* preenchem os espaços entre as osteonas na substância compacta do osso. Dependendo de sua localização, essas lamelas tanto podem ter sido produzidas durante o crescimento do osso, quanto podem representar remanescentes de osteonas cujos componentes da matriz tenham sido reciclados por osteoclastos durante a reparação ou o remodelamento do osso. Um terceiro tipo de lamela, a *lamela circunferencial*, ocorre nas superfícies externa e interna do osso. Em um

osso de membro como o úmero ou o fêmur, as lamelas circunferenciais constituem as superfícies externa e interna da diáfise (Figura 5.2b).

Substância esponjosa [Figura 5.2d] A principal diferença entre a substância esponjosa (também chamada de *osso trabecular*) e a compacta está no arranjo característico da substância esponjosa em traves de sustentação paralelas ou em placas ramificadas espessas, denominadas trabéculas ou *espículas*. Na substância esponjosa, são encontrados numerosos espaços de interconexão entre as trabéculas. A substância esponjosa possui lamelas e, se as trabéculas são suficientemente espessas, osteonas estarão presentes.

A substância esponjosa não é diferente da compacta em termos de células associadas e na estrutura e composição das lamelas. A substância esponjosa forma uma estrutura aberta de sustentação (Figura 5.2d), e como resultado ela é muito mais leve do que a compacta. Além disso, a ramificação das trabéculas confere à substância esponjosa uma resistência considerável. Assim, a presença da substância esponjosa reduz o peso do esqueleto e facilita a movimentação dos ossos pelos músculos. A substância esponjosa do osso é, portanto, encontrada em ossos que não estão sujeitos a forças de grande intensidade ou em ossos sujeitos a forças tensoras advindas de diferentes direções.

Diferenças funcionais entre as substâncias compacta e esponjosa [Figura 5.3]

Uma camada de substância compacta recobre as superfícies dos ossos; a espessura dessa camada varia de região para região do osso e entre ossos diferentes. Essa camada superficial de substância compacta é, por sua vez, recoberta pelo *periósteo*, um envoltório de tecido conectivo intimamente relacionado à fáscia profunda. O periósteo é completo em todos os locais, exceto no interior de uma articulação, onde as extremidades ou terminações de dois ossos entram em contato entre si. Em algumas articulações, os dois ossos são interconectados por fibras colágenas ou por um bloco de cartilagem. Em articulações mais móveis, preenchidas por um líquido denominado *sinóvia*, *cartilagens articulares* hialinas recobrem as superfícies ósseas em oposição.

A substância compacta é mais espessa nas regiões onde as forças tensoras atuam em uma gama limitada de direções. A Figura 5.3a mostra a

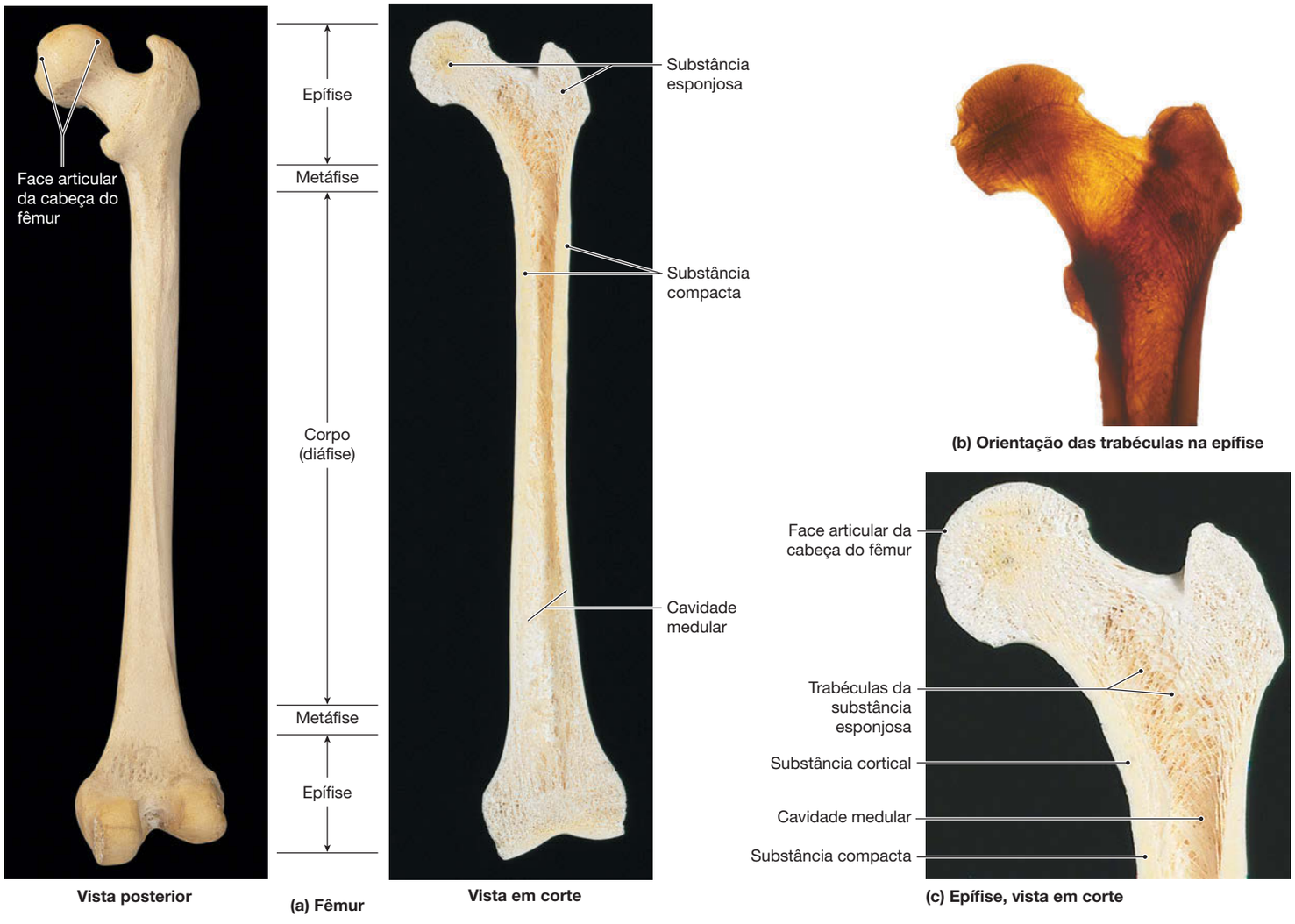


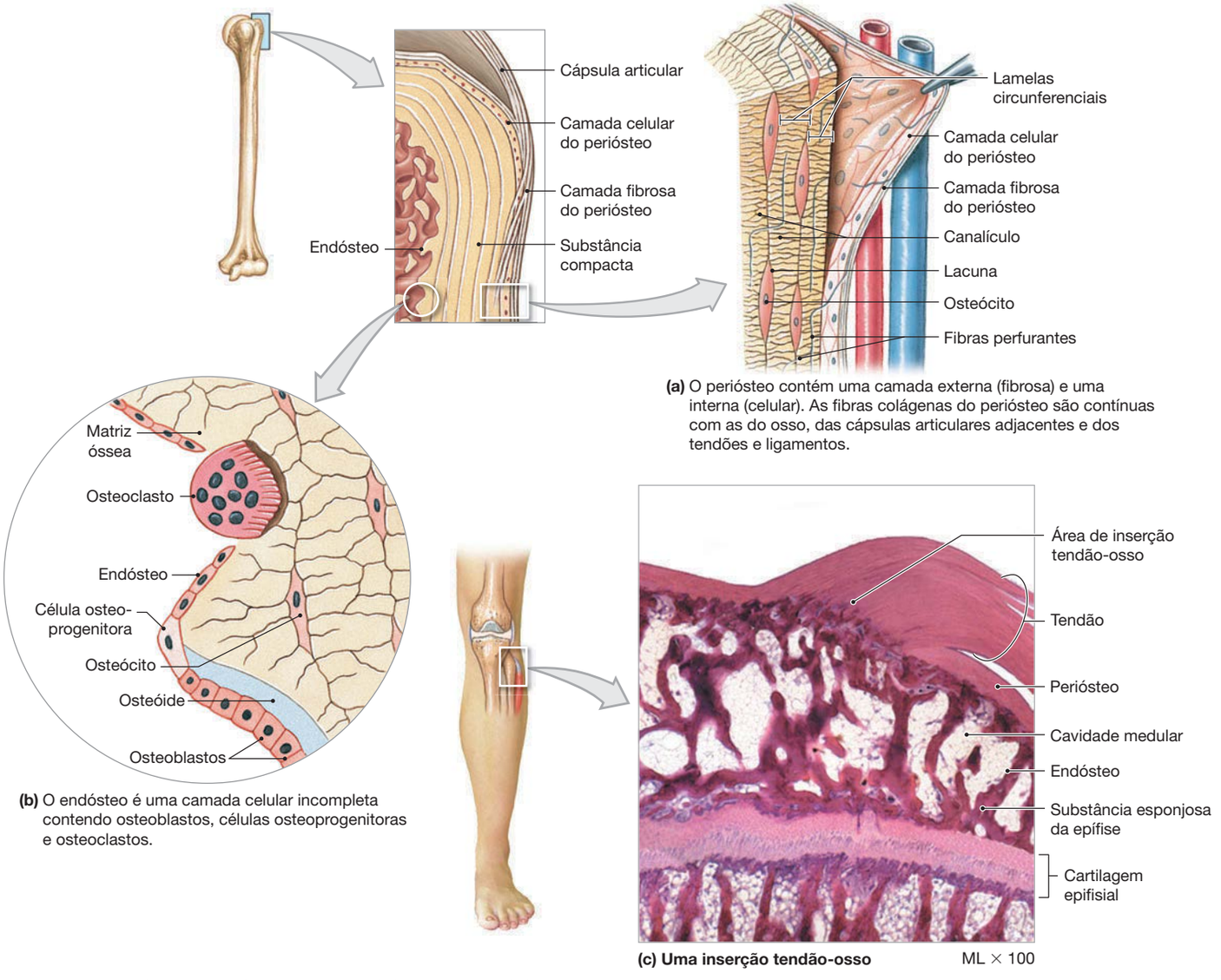
Figura 5.3 Anatomia de um osso típico.
(a) O fêmur (o osso da coxa) em corte e em vista superficial. O fêmur apresenta um corpo (diafise) com paredes de substância compacta e epífises (extremidades) da substância esponjosa. A metáfise separa a diáfise da epífise em cada terminação do corpo. O peso do corpo é transferido ao fêmur por meio da articulação do quadril. Como a articulação do quadril encontra-se fora de centro em relação ao eixo da diáfise, o peso do corpo é distribuído ao longo do osso de modo que a porção medial do corpo sofre a ação de forças de compressão e as laterais ficam submetidas a forças de tração (ou estiramento). **(b)** Um fêmur intacto, quimicamente clareado para evidenciar a orientação das trabéculas na epífise. **(c)** Fotografia evidenciando a epífise seccionada.

anatomia geral do *fêmur*, o osso proximal do membro inferior. A substância cortical, compacta, envolve uma cavidade conhecida como *cavidade medular* (*medulla*, parte mais interna). O osso tem duas extremidades, ou **epífises** (*epi*, acima + *physis*, crescimento), separadas por uma **diáfise** tubular ou **corpo**. A diáfise está ligada à epífise em uma região estreita conhecida como **metáfise**. A Figura 5.3 mostra a organização da substância compacta e esponjosa no interior do fêmur. A diáfise de substância compacta normalmente transmite forças aplicadas de uma epífise à outra. Por exemplo, quando se está em pé, a diáfise do fêmur transmite o peso do corpo do quadril para o joelho. As osteonas no interior da diáfise são paralelas ao seu maior eixo, e por isso o fêmur é muito resistente à tração ao longo desse eixo. Para efeito de comparação, pode-se imaginar uma osteona isolada como um tubo de paredes muito espessas. Quando se tenta pressionar o tubo pelas extremidades, ele parecerá bastante forte. No entanto, se você segurá-lo pelas extremidades e pressioná-lo lateralmente, ele se quebrará facilmente. De modo semelhante, um osso longo é bastante resistente a forças aplicadas em suas extremidades e ao longo do seu eixo longitudinal, porém um impacto lateral pode facilmente causar uma fissura, ou *fratura*.

A substância esponjosa não é tão maciça quanto a substância compacta, mas é muito resistente a tensões aplicadas em várias e diferentes direções. As epífises do fêmur são preenchidas por substância esponjosa, e o alinhamento trabecular da epífise proximal está mostrado na Figura 5.3b,c. As trabéculas são orientadas ao longo das linhas de força, mas com muitos intercruzamentos. Na epífise proximal, as trabéculas transmitem forças a partir do quadril para a diáfise do fêmur através da metáfise; na epífise distal, as trabéculas direcionam as forças para a perna através da articulação do joelho. Além de amenizar o peso e direcionar a tensão de várias direções, a estrutura trabecular aberta garante proteção e sustentação para as células da medula óssea. A medula óssea amarela, freqüentemente encontrada na cavidade medular da diáfise, é uma reserva importante de energia. Amplas áreas de medula óssea vermelha, como as encontradas na substância esponjosa das epífises femorais, são importantes locais de formação de células sangüíneas.

O periósteo e o endósteo [Figura 5.4]

A superfície externa de um osso é geralmente recoberta pelo **periósteo** (Figura 5.4a). O periósteo (1) isola e protege o osso dos tecidos adjacen-



(a) O periósteo contém uma camada externa (fibrosa) e uma interna (celular). As fibras colágenas do periósteo são contínuas com as do osso, das cápsulas articulares adjacentes e dos tendões e ligamentos.

(b) O endósteo é uma camada celular incompleta contendo osteoblastos, células osteoprogenitoras e osteoclastos.

(c) Uma inserção tendão-osso ML × 100

Figura 5.4 Anatomia e histologia do periósteo e do endósteo. Representação diagramática das localizações do periósteo e do endósteo. **(a)** O periósteo. **(b)** O endósteo. **(c)** Uma inserção tendão-osso.

Nota clínica

Raquitismo A articulação do quadril é formada pela cabeça do fêmur e uma cavidade correspondente na superfície lateral do osso do quadril. A cabeça do fêmur se projeta medialmente, e o peso corporal comprime o lado medial da diáfise. Como a força está aplicada fora do centro, o osso tem uma tendência a dobrar em um arco lateral. O outro lado da metáfise, que resiste a esta dobra, fica submetido a uma carga de estiramento, ou *tensão*. O encurvamento ocorre em doenças que reduzem a quantidade de sais de cálcio no esqueleto. O **raquitismo** geralmente aparece em crianças como resultado da deficiência de vitamina D; essa vitamina é essencial para a absorção normal do cálcio e sua deposição no esqueleto. No raquitismo, há pouca mineralização dos ossos, que ficam bastante flexíveis. Indivíduos acometidos pela doença desenvolvem pernas arqueadas pelo encurvamento dos ossos da coxa e da perna, sob a ação do peso do corpo.

tes, (2) fornece uma via e um local de união para o suprimento circulatório e nervoso, (3) participa ativamente do crescimento e reparação ósseos e (4) une o osso à rede de tecido conectivo da fáscia profunda. O periósteo não reveste os ossos sesamóides nem está presente onde os tendões, ligamentos ou cápsulas articulares ligam-se aos ossos*, nem onde as superfícies ósseas são recobertas por cartilagens articulares.

O periósteo consiste em uma camada externa de tecido conectivo fibroso denso e uma camada celular interna contendo células osteoprogenitoras. Quando um osso não está em crescimento nem em reparação, poucas células osteoprogenitoras são vistas na camada celular.

Próximo às articulações, o periósteo se torna contínuo com a rede de tecido conectivo que as envolve e ajuda a estabilizá-las. Em uma articulação preenchida por sinóvia, o periósteo é contínuo com a *cápsula articular* que envolve o complexo articular. As fibras do periósteo estão também entrelaçadas com as fibras dos tendões fixos aos ossos (**Figura 5.4c**). No crescimento ósseo, essas fibras do tendão são incorporadas no interior de lamelas superficiais pelos osteoblastos da camada celular do periósteo. As fibras colágenas incorporadas ao tecido ósseo a partir dos tendões e do periósteo superficial são denominadas *fibras perfurantes* ou *fibras de Sharpey* (**Figura 5.4a**). Este processo de incorporação faz das fibras do tendão parte da estrutura geral do osso, garantindo uma ligação muito mais forte do que aquela possível de outros modos. Uma tração extremamente forte em um tendão em geral deverá quebrar o osso em vez de arrancar as fibras colágenas da superfície deste.

No interior do osso, um **endósteo** celular reveste a cavidade medular (**Figura 5.4b**). Esta camada, que contêm células osteoprogenitoras, cobre as trabéculas de substância esponjosa e reveste as superfícies internas dos canais centrais e dos canais perfurantes. O endósteo está em atividade durante o crescimento e sempre que reparação e remodelamento ósseos estiverem ocorrendo. O endósteo geralmente tem espessura unicelular e é uma camada incompleta expondo ocasionalmente a matriz óssea.

REVISÃO DOS CONCEITOS

1. Como a resistência do osso seria afetada se a razão de colágeno e sais de cálcio (hidroxiapatita) estivesse aumentada?
2. Uma amostra de osso apresenta lamelas concêntricas circundando um canal central. Esta é uma amostra da substância cortical ou da cavidade medular de um osso longo?
3. Se a atividade dos osteoclastos exceder a atividade dos osteoblastos, como a massa do osso será afetada?
4. Se as células osteoprogenitoras no tecido ósseo fossem destruídas seletivamente por uma determinada droga, que processos normais poderiam estar impedidos no futuro?

Veja a seção de Respostas na parte final do livro.

* N. de R.T. Em realidade, nas regiões de fixação de tendões, ligamentos e cápsulas articulares ocorre um imbricamento destas fibras com o periósteo.

Desenvolvimento e crescimento ósseo

O crescimento do esqueleto determina o tamanho e as proporções do nosso corpo. O esqueleto ósseo começa sua formação por volta da sexta semana após a fertilização, quando o embrião tem aproximadamente 12 mm de comprimento (antes disso, todos os elementos do esqueleto são mesenquimais ou cartilagíneos). Durante o desenvolvimento subseqüente, os ossos sofrem um tremendo aumento de tamanho. O crescimento ósseo continua durante a adolescência, e partes do esqueleto não param de crescer até os 25 anos de idade. O processo é cuidadosamente regulado, e uma quebra nesta regulação afetará todos os sistemas do corpo. Nesta seção consideraremos o processo físico da *osteogênese* (formação do osso) e o crescimento ósseo. A seção seguinte examinará a manutenção e a substituição das reservas minerais no esqueleto adulto.

Durante o desenvolvimento embrionário, mesêquima ou cartilagem são substituídos por osso. Este processo de substituição de outros tecidos por tecido ósseo é denominado **ossificação**. O processo de **calcificação** se refere à deposição de sais de cálcio no interior dos tecidos. Qualquer tecido pode ser calcificado, mas somente a ossificação resulta na formação de osso. Existem duas formas principais de ossificação. Na *ossificação intramembranácea*, o osso se desenvolve a partir do mesênquima ou do tecido conectivo fibroso. Na *ossificação endocondral*, o osso substitui um modelo cartilagíneo existente. Os ossos dos membros e outros ossos que suportam peso, como a coluna vertebral, desenvolvem ossificação endocondral. Os ossos planos do crânio, as clavículas e a mandíbula apresentam ossificação intramembranácea.

Ossificação intramembranácea [Figuras 5.5/5.6]

A **ossificação intramembranácea**, também chamada de *ossificação dérmica*, tem início quando células mesenquimais se diferenciam em osteoblastos no interior do tecido embrionário ou do tecido conectivo fibroso. Este tipo de ossificação normalmente ocorre nas camadas mais profundas da derme, e os ossos que dele resultam são chamados de **ossos dérmicos**, ou *ossos membranosos*. Exemplos de ossos dérmicos incluem ossos da calvária (*frontal* e *parietais*), a *mandíbula* e a *clavícula*. Os *ossos sesamóides* formam-se no interior dos tendões; a *patela* é um exemplo de osso sesamóide. O osso membranoso também pode se desenvolver em outros tecidos conectivos submetidos cronicamente a estímulos mecânicos. Por exemplo, no século XIX, vaqueiros às vezes desenvolviam pequenas placas ósseas na derme da região interna das coxas em função da fricção e do impacto contra suas selas. Em algumas alterações que afetam o metabolismo do íon cálcio ou sua excreção, ocorre formação de osso por este mecanismo de ossificação em várias áreas da derme e fáscia profunda. Ossos em locais não-usuais são denominados *ossos heterotópicos* (*hetero*, diferente + *topos*, lugar).

A ossificação intramembranácea começa aproximadamente na oitava semana do desenvolvimento embrionário. Os passos do processo de ossificação intramembranácea estão ilustrados na **Figura 5.5** e podem ser resumidos como segue:

PASSO 1. O tecido mesenquimal se torna bastante vascularizado, e as células mesenquimais crescem e se diferenciam em osteoblastos. Os osteo-

Nota clínica

Formação óssea heterotópica *Ossos heterotópicos* (*hetero*, diferente + *topos*, lugar), ou *ectópicos* (*ektos*, do lado de fora), são ossos que se desenvolvem em locais incomuns. Tais ossos evidenciam a adaptabilidade dos tecidos conectivos. Células-tronco mesenquimais podem desenvolver-se para se transformar em osso, cartilagem, ou mesmo gordura e músculo. Eventos físicos ou químicos podem estimular o desenvolvimento de osteoblastos em tecido conectivo normal. Por exemplo, ossos sesamóides desenvolvem-se dentro de tendões ou próximo a regiões sujeitas a atrito e pressão. Também pode haver crescimento ósseo dentro de um grande coágulo sangüíneo em um local lesionado ou dentro de porções da derme sujeitas a esforços crônicos. Outros fatores desencadeantes deste tipo de processo incluem agentes químicos estranhos e problemas que alteram a excreção e o armazenamento de cálcio.

Praticamente qualquer tecido conectivo pode ser alterado. A ossificação dentro de tendões ou em torno de articulações pode causar dor e interferir no movimento. Ossos também podem formar-se dentro dos rins, entre músculos esqueléticos, no pericárdio, nas paredes de artérias e ao redor dos olhos.

A *miosite ossificante* envolve o depósito de osso ao redor de músculos esqueléticos. Uma lesão muscular pode desencadear casos leves. Casos severos, com base genética, apresentam formação óssea heterotópica bastante evidente. Se o processo não reverter por si mesmo, os músculos do dorso, pescoço e membros superiores são gradualmente substituídos por osso.

blastos então agrupam-se e começam a secretar os componentes orgânicos da matriz. A mistura resultante de fibras colágenas e osteóide torna-se então mineralizada pela cristalização de sais de cálcio. O local onde se inicia a mineralização no osso é chamado de **centro de ossificação**. À medida que a ossificação prossegue, ela prende alguns osteoblastos em lacunas ósseas; estas células se diferenciam em osteócitos. Embora os osteócitos tenham sido separados pela matriz secretada, eles mantêm-se ligados por finos processos citoplasmáticos.

PASSO 2. O osso em desenvolvimento cresce de maneira centrífuga em relação ao centro de ossificação como pequenas escoras denominadas **espículas**. Embora os osteoblastos estejam ainda sendo aprisionados no osso em expansão, as células mesenquimais continuam a se dividir, produzindo osteoblastos adicionais. O crescimento ósseo é um processo ativo, e os osteoblastos necessitam de oxigênio e suprimento de outros nutrientes. Enquanto os vasos sangüíneos se ramificam no interior da região em ossificação e crescem entre as espículas, a velocidade de crescimento ósseo aumenta.

PASSO 3. Com o tempo, múltiplos centros de ossificação se formam, e o osso recém-depositado assume a estrutura de substância esponjosa do osso. A deposição contínua de osso pelos osteoblastos localizados próximo aos vasos sangüíneos, bem como o remodelamento deste osso neoformado pelos osteoclastos, resulta na formação da substância compacta vista nos ossos maduros do crânio.

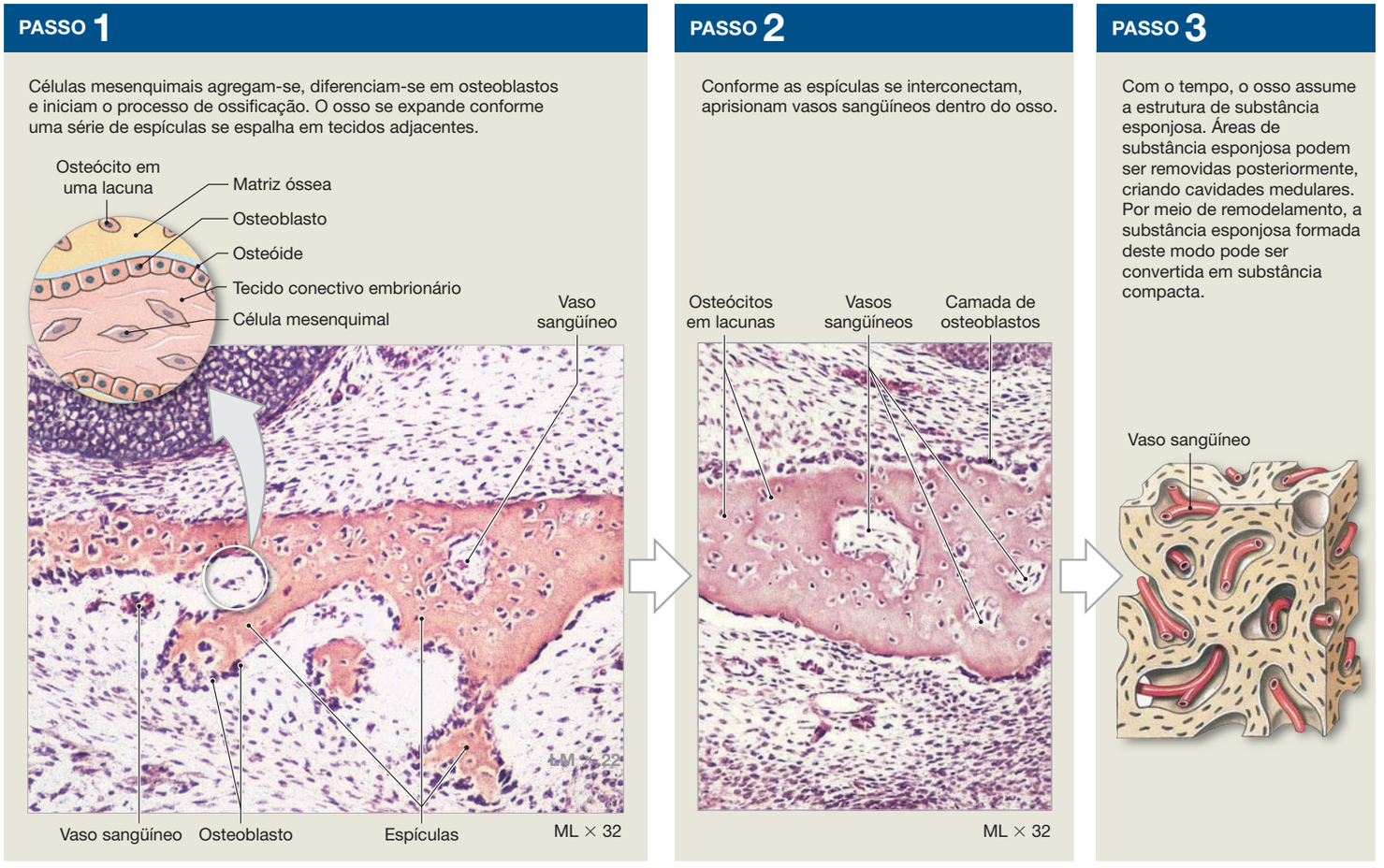


Figura 5.5 Histologia da ossificação intramembranácea.
Etapas da ossificação intramembranácea a partir de agregado de células mesenquimais até substância óssea esponjosa. A substância óssea esponjosa pode ser posteriormente remodelada para formar a substância compacta.

A Figura 5.6a mostra a formação dos ossos do crânio por ossificação intramembranácea em um feto de 10 semanas.

Ossificação endocondral [Figuras 5.6/5.7]

A **ossificação endocondral** (*endo*, dentro + *chondros*, cartilagem) começa com a formação de um modelo de cartilagem hialina. O desenvolvimento dos ossos dos membros é um bom exemplo deste processo. Por volta da sexta semana de desenvolvimento do embrião, tanto o *úmero* (membro superior) quanto o *fêmur* (membro inferior) estão formados e são constituídos de cartilagem. Esse modelo continua crescendo pela expansão da matriz cartilagínea (*crescimento intersticial*) e pela produção de mais cartilagem na superfície externa (*crescimento aposicional*). Estes mecanismos de crescimento foram apresentados no Capítulo 3. pág. 69 A Figura 5.6b mostra a ossificação endocondral ocorrendo nos ossos dos membros de um feto de 16 semanas. Os passos do crescimento e da ossificação dos ossos de um dos membros são apresentados no diagrama da Figura 5.7a.

PASSO 1. Enquanto a cartilagem cresce, condrócitos próximos ao centro da diáfise aumentam de tamanho, e a matriz circundante começa a se calcificar. Privados de nutrientes, os condrócitos morrem e se desintegram.

PASSO 2. Células do pericôndrio ao redor da região da cartilagem se diferenciam em osteoblastos. O pericôndrio se transformou em periósteo, e a camada mais interna, **camada osteogênica,** rapidamente produz um *colar ósseo*, uma fina camada de substância compacta ao redor da diáfise da cartilagem.

PASSO 3. Enquanto essas alterações estão ocorrendo, o suprimento sangüíneo do periósteo aumenta, e capilares e osteoblastos migram para o centro da cartilagem, invadindo os espaços deixados pelos condrócitos que se desintegraram. Então a matriz cartilagínea se rompe e os osteoblastos a substituem com substância esponjosa. O desenvolvimento ósseo prossegue a partir desse **centro de ossificação primário** no corpo, em direção a ambas as extremidades do modelo cartilagíneo.

PASSO 4. Enquanto o diâmetro é pequeno, a diáfise inteira é preenchida por substância esponjosa, porém, com seu alargamento, os osteoclastos provocam erosão da porção central e criam a cavidade medular. A continuidade do crescimento envolve dois processos distintos: o aumento do *comprimento* e o aumento do *diâmetro* do osso.

Aumento do comprimento de um osso em desenvolvimento [Figuras 5.7/5.8]

Durante os estágios iniciais da osteogênese, os osteoblastos se movimentam, afastando-se do centro de ossificação primário em direção às epífises. Entretanto, eles não conseguem atingir a ossificação completa do modelo imediatamente, porque as cartilagens das epífises continuam crescendo. A região onde a cartilagem está sendo substituída por osso permanece na metáfise, na junção entre a diáfise e as epífises do osso. Na face diafisial da metáfise, os osteoblastos estão continuamente invadindo a cartilagem e substituindo-a por osso. Ao mesmo tempo, na face epifisial da metáfise, nova cartilagem está sendo produzida na mesma velocidade. A situação pode ser comparada ao que ocorre com dois corredores, correndo um na frente do outro. Enquanto eles estiverem na mesma velocidade, poderão correr milhas sem colidir. Neste caso, os osteoblastos e a epífise estão ambos "se afastando" do centro primário de ossificação. Como resultado, os osteoblastos nunca alcançam a epífise, embora o elemento esquelético continue a crescer mais e mais.

PASSO 5. A próxima alteração importante ocorre quando os centros das epífises começam a calcificar. Capilares e osteoblastos migram para estas áreas, criando **centros de ossificação secundários**. O tempo de aparecimento dos centros de ossificação secundários varia de um osso para

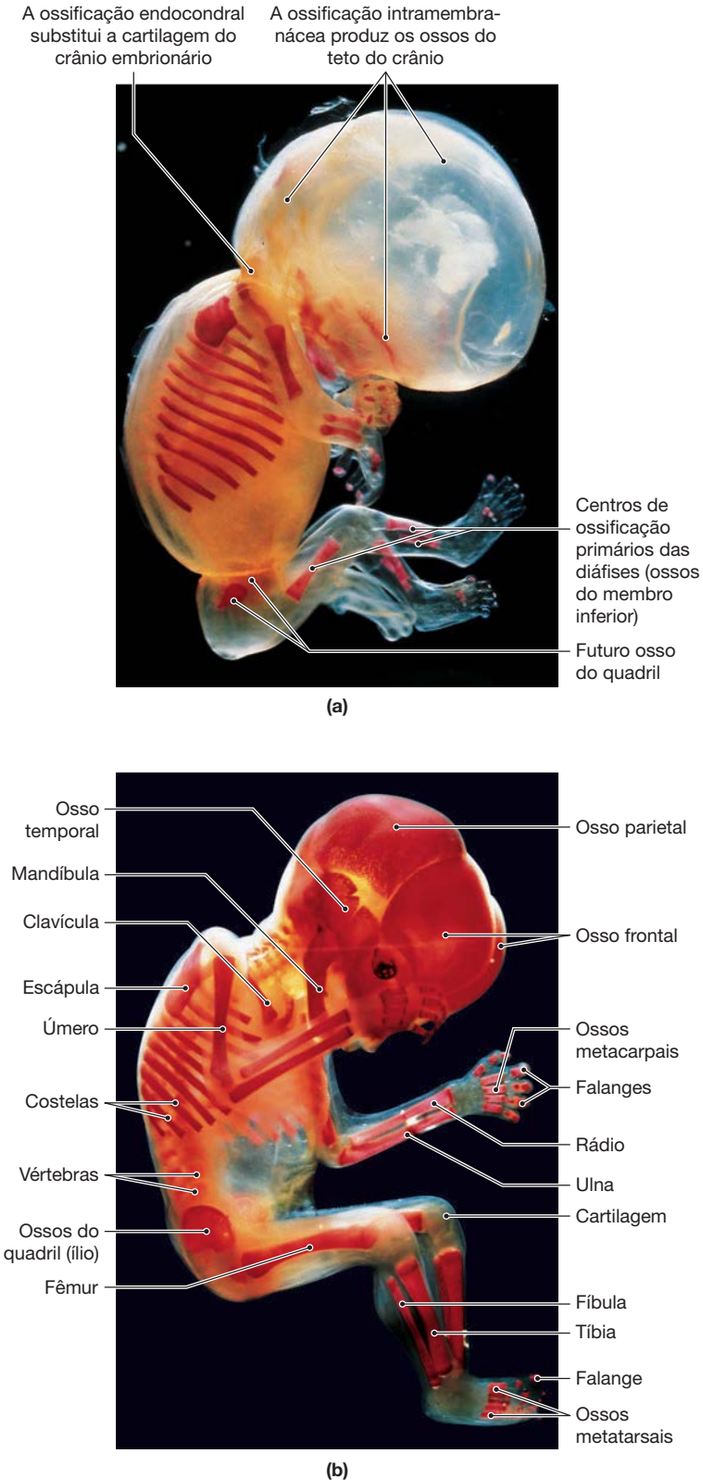


Figura 5.6 Ossificações intramembranácea e endocondral. Estes fetos humanos (entre 10 e 16 semanas de desenvolvimento) foram corados de modo especial (com vermelho de alizarina) e diafanizados para evidenciar o esqueleto. **(a)** Na 10ª semana, o crânio do feto apresenta claramente tanto ossos membranosos quanto cartilagíneos, mas as linhas de separação que indicam os limites entre os futuros ossos do crânio ainda precisam ser estabelecidas. **(b)** Em 16 semanas de desenvolvimento, o crânio do feto apresenta as margens irregulares dos futuros ossos do crânio. A maior parte do esqueleto apendicular se forma por ossificação endocondral. Observe a aparência dos ossos da mão e do pé na 16ª semana em contraste com a 10ª semana de desenvolvimento.

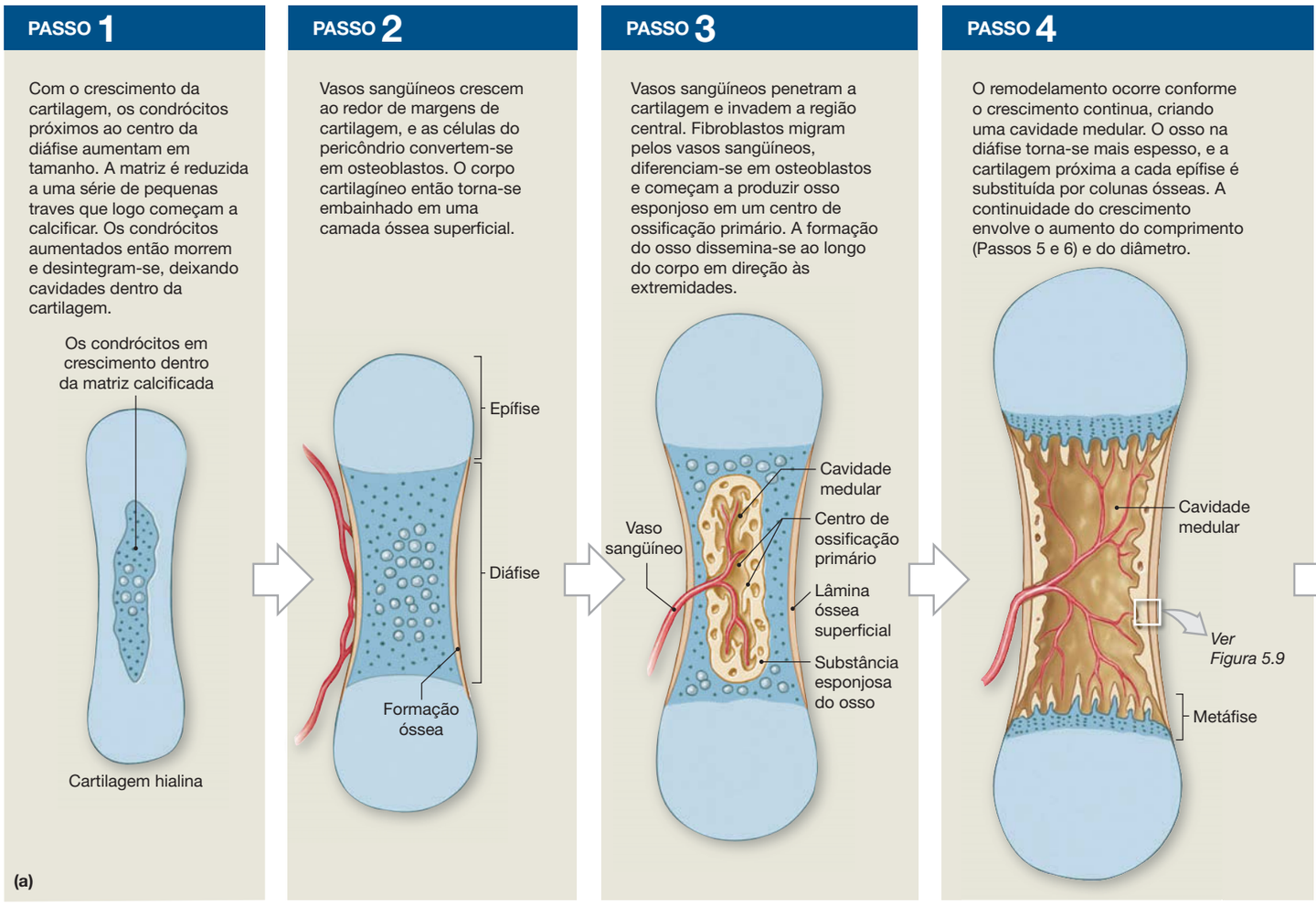


Figura 5.7 Organização anatômica e histológica da ossificação endocondral.
(a) Etapas na formação de um osso longo a partir de modelo hialino.

outro e de um indivíduo para outro. Os centros de ossificação secundários podem ocorrer ao nascimento em ambas as extremidades do úmero (braço), fêmur (coxa) e tíbia (perna), mas as extremidades de alguns outros ossos permanecem cartilagíneas durante a infância.

PASSO 6. Por fim, as epífises são preenchidas por substância esponjosa. Uma fina cobertura do modelo cartilagíneo original permanece exposta à cavidade articular como **cartilagem articular**. Essa cartilagem evita lesão por contato osso a osso no interior da articulação. Na metáfise, uma região cartilagínea relativamente estreita chamada de **cartilagem epifisial**, ou "*placa epifisial*", separa agora a epífise da diáfise. A Figura 5.7b mostra a cartilagem em degeneração e o avanço dos osteoblastos. Enquanto a velocidade do crescimento da cartilagem acompanha a velocidade da invasão dos osteoblastos, a diáfise continua seu crescimento em comprimento e a cartilagem epifisial sobrevive.

No interior da cartilagem epifisial, os condrócitos estão organizados em zonas (Figura 5.7b). Os condrócitos da face epifisial da cartilagem continuam a se dividir e crescer, enquanto a cartilagem da face diafisial é gradualmente substituída por osso. Conseqüentemente, a espessura da cartilagem epifisial não muda. A contínua expansão da cartilagem epifisial força a epífise a se afastar da diáfise. As células-filhas amadurecem, aumentam de tamanho, e a matriz circundante se calcifica. Na face diafisial da cartilagem epifisial, os osteoblastos e os capilares continuam a invadir estas lacunas e substituem a cartilagem por osso neoformado, organizado como séries de trabéculas. A Figura 5.8a mostra uma radiografia de cartilagens epifisiais da mão de uma criança jovem.

PASSO 7. Na maturidade, a velocidade de produção da cartilagem epifisial diminui e a velocidade da atividade dos osteoblastos aumenta. Como resultado, a cartilagem se torna cada vez mais estreita até finalmente desaparecer. Este evento é denominado *fechamento epifisial*. A localização anterior da cartilagem epifisial pode ser determinada ao raio X como uma linha diferenciada, a *linha epifisial*, que permanece após a finalização do crescimento epifisial (Figura 5.8b).

Aumento do diâmetro de um osso em desenvolvimento [Figura 5.9]

O diâmetro de um osso aumenta por meio de crescimento aposicional na superfície externa. No crescimento aposicional, as células osteoprogenitoras da camada interna do periósteo se diferenciam em osteoblastos e adicionam matriz óssea à superfície. Isso acrescenta sucessivas camadas de lamelas circunferenciais à superfície externa do osso. Com o tempo, as lamelas mais profundas são remodeladas e substituídas por osteonas típicas da substância compacta.

Entretanto, os vasos sangüíneos e fibras do periósteo podem e ficam englobados no interior da matriz. O processo de crescimento ósseo aposicional, quando ocorre, é bastante complexo, como indicado na Figura 5.9a.

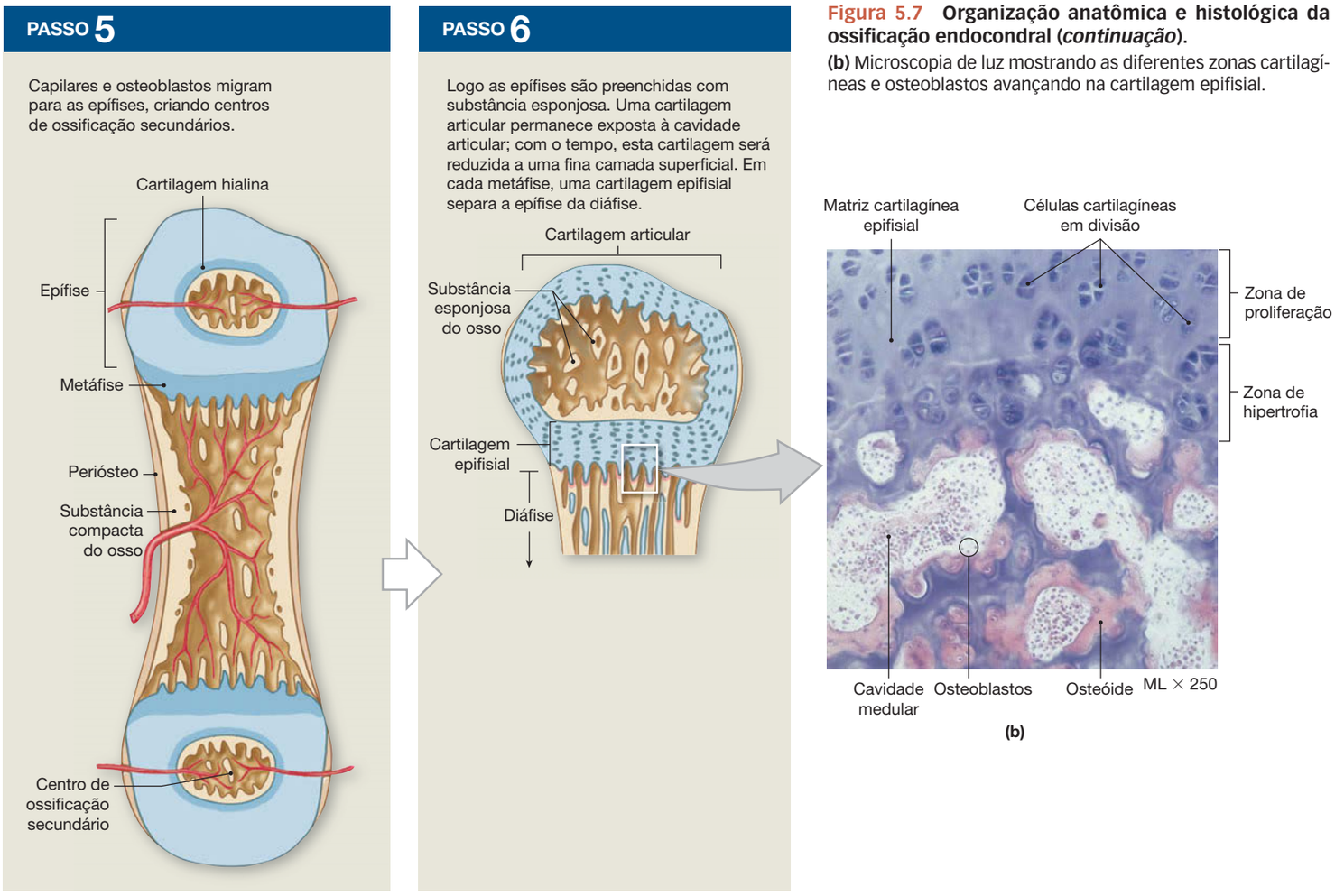


Figura 5.7 Organização anatômica e histológica da ossificação endocondral (*continuação*).
(b) Microscopia de luz mostrando as diferentes zonas cartilagíneas e osteoblastos avançando na cartilagem epifisial.

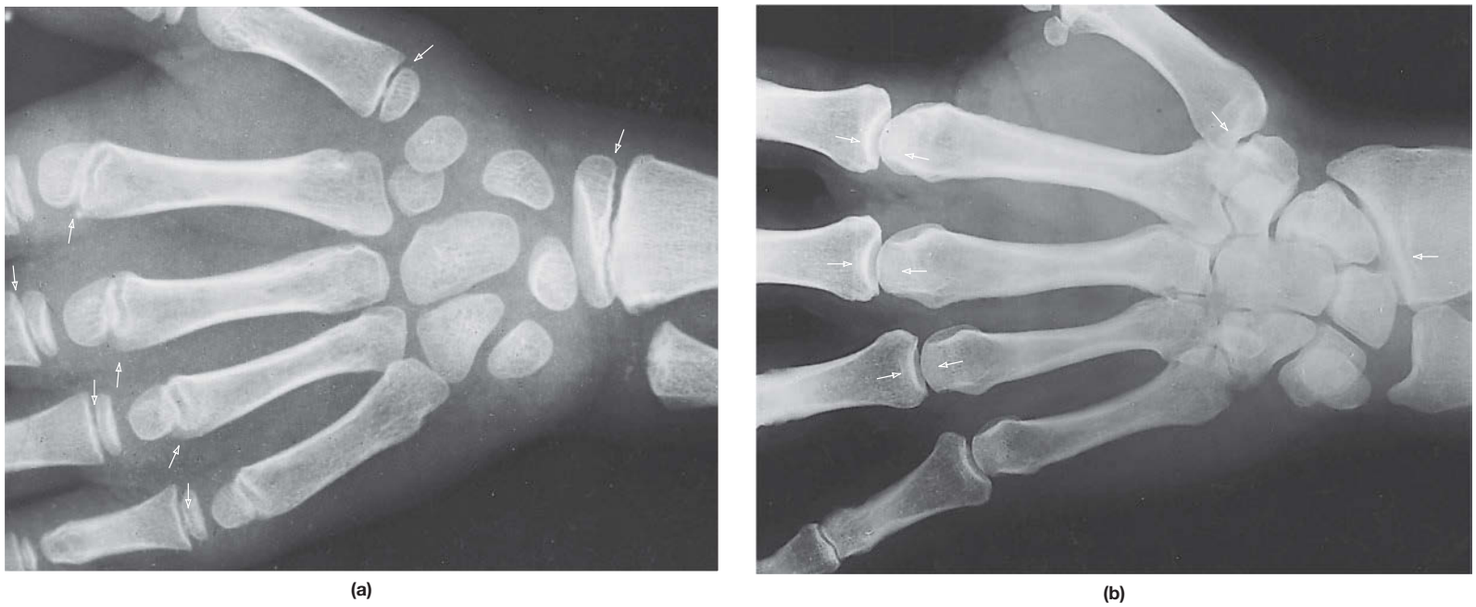
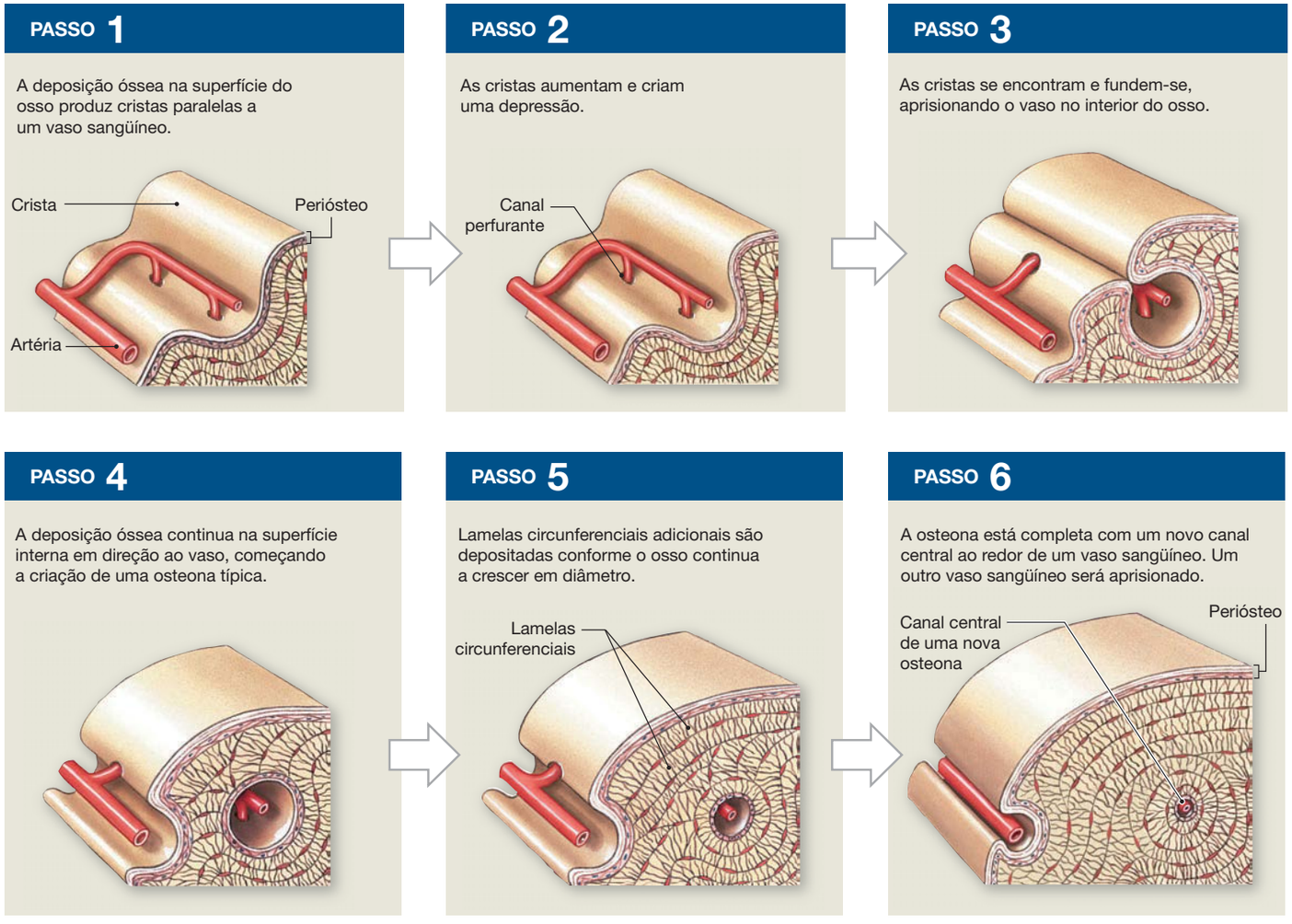
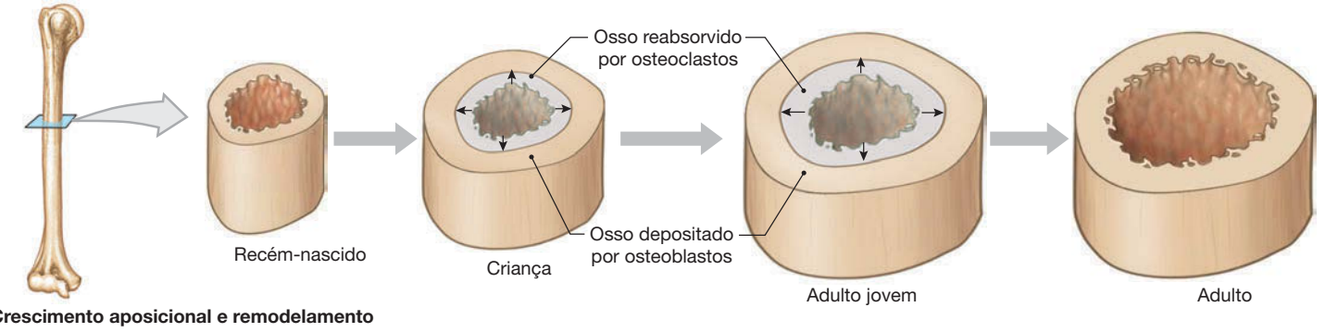


Figura 5.8 Cartilagens e linhas epifisiais.
A cartilagem epifisial é o local de crescimento em comprimento dos ossos longos, que ocorre até a maturidade; as linhas epifisiais marcam a localização primária das cartilagens epifisiais depois que o crescimento ósseo terminou. **(a)** Raio X da mão de uma criança. As setas indicam as localizações das cartilagens epifisiais. **(b)** Raio X da mão de um adulto. As setas indicam as localizações das linhas epifisiais.



(a) Passos no crescimento ósseo aposicional



(b) Crescimento aposicional e remodelamento

Figura 5.9 Crescimento ósseo aposicional.
(a) Diagramas tridimensionais ilustrando o mecanismo responsável pelo crescimento ósseo em diâmetro. **(b)** O osso cresce em diâmetro conforme novo osso é adicionado à superfície externa. Ao mesmo tempo, osteoclastos reabsorvem osso no lado interno, aumentando a cavidade medular.

PASSO 1. Na superfície óssea por onde passam vasos sangüíneos, tecido ósseo novo é depositado em cristas paralelas ao trajeto desses vasos sangüíneos.

PASSO 2. Conforme estas cristas longitudinais aumentam, elas crescem umas em direção às outras, acomodando aos poucos os vasos dentro de uma bolsa profunda.

PASSO 3. As duas cristas por fim se encontram e se fundem, formando um túnel ósseo que contém o que, anteriormente, era um vaso superficial.

PASSOS 4-6. Este túnel é revestido por células que, até o Passo 3, faziam parte do periósteo. Células osteoprogenitoras nesta camada agora se diferenciam em osteoblastos. Estas células secretam novo osso nas paredes do túnel, formando lamelas concêntricas que finalmente produzem uma nova osteona organizada ao redor do vaso sangüíneo central.

Enquanto osso está sendo adicionado à superfície externa, os osteclastos estão removendo matriz óssea na superfície interna. Como resultado, a cavidade medular gradualmente aumenta de diâmetro (Figura 5.9b).

Nota clínica

Doenças congênitas do esqueleto Na **acromegalia** (*akron*, extremidade + *megale*, grande), uma grande quantidade de hormônio do crescimento é liberada após a puberdade, quando a maioria das cartilagens epifisiais já se fechou. No entanto, as cartilagens e os pequenos ossos respondem ao hormônio, resultando em um crescimento anormal de mãos, pés, mandíbula, crânio e clavículas. Se existir hipersecreção do hormônio de crescimento antes da puberdade haverá um crescimento excessivo que resulta em **gigantismo**. Contrariamente, a produção inadequada do hormônio do crescimento antes da puberdade causa o **nanismo hipofisial**. Pessoas com esta alteração são muito baixas, mas, ao contrário dos *anões acondroplásicos* (discutidos adiante), suas proporções são normais.

Na **osteomalacia** (*malakia*, maciez), as dimensões dos elementos do esqueleto não se alteram, mas o seu conteúdo mineral está bastante diminuído, o que resulta no desenvolvimento de ossos exageradamente maleáveis. Os osteoblastos têm função exacerbada, mas a matriz não acumula sais de cálcio em quantidade suficiente. Esta condição, **raquitismo**, ocorre em adultos ou crianças cuja dieta contém níveis inadequados de cálcio ou vitamina D_3.

A formação de osso em excesso é denominada **hiperostose**. Na **osteopetrose** (*petros*, pedra), a massa total do esqueleto aumenta gradualmente como resultado de uma diminuição da atividade osteoclástica. O remodelamento cessa, e a morfologia dos ossos gradualmente se altera. A osteopetrose, em crianças, produz várias deformidades esqueléticas. A causa primária desta doença relativamente rara é desconhecida.

Há mais de 200 doenças reconhecidas como doenças hereditárias do tecido conectivo. Casos individuais resultam de mutações espontâneas no oócito ou no espermatozóide de pais não afetados pela doença. Indivíduos com essas doenças podem transmiti-las aos seus descendentes. Osteogênese imperfeita, *síndrome de Marfan* e *acondroplasia* são exemplos de doenças hereditárias caracterizadas por formação óssea anormal.

A **osteogênese imperfeita** ocorre aproximadamente em um para cada 20.000 indivíduos e afeta a organização das fibras colágenas. A função osteoblástica encontra-se comprometida, o crescimento é anormal e, nas formas mais graves, os ossos são muito frágeis, levando a episódios repetidos de fraturas, além da deformação progressiva do esqueleto. A atividade fibroblástica também está afetada, e os ligamentos e tendões podem ser muito frouxos, permitindo movimento excessivo nas articulações. Há quatro formas reconhecidas da doença, com uma grande variação na severidade dos sintomas. O número de fraturas durante a vida pode variar de apenas algumas até centenas, com a forma mais grave sendo fatal e ocorrendo logo após o nascimento.

A **síndrome de Marfan** também está ligada à estrutura defeituosa do tecido conectivo. A caraterística mais evidente dessa síndrome é o achado de membros excessivamente longos e delgados que resultam da formação excessiva de tecido cartilagíneo nas cartilagens epifisiais. A causa desta síndrome é uma anomalia de um gene no cromossomo 15 que afeta a proteína fibrilina. Os efeitos esqueléticos são marcantes, porém o enfraquecimento de paredes arteriais associado à síndrome oferece mais risco ao paciente.

A **acondroplasia** também é resultante de atividade epifisial anormal. As cartilagens epifisiais da criança crescem de modo anormalmente lento, e o adulto apresenta membros curtos e grossos. Embora outras anomalias esqueléticas ocorram, o tronco é de tamanho normal, e o desenvolvimento mental e o sexual não são afetados. Um adulto com acondroplasia é conhecido como *anão acondroplásico*. Esta condição é resultado de um gene anômalo no cromossomo 4 que afeta um fator de crescimento fibroblástico. A maioria dos casos é resultante de mutação espontânea. Se ambos os pais têm acondroplasia, a chance da não-ocorrência da doença nos filhos é de 25%; 50% dos filhos destes pais serão afetados em algum grau e 25% herdarão dois genes anormais, causando anomalias graves e a morte precoce.

Formação do suprimento sangüíneo e linfático [Figuras 5.2b/5.9/5.10]

O tecido ósseo é muito vascularizado, e os ossos do esqueleto recebem amplo suprimento sangüíneo. Em um osso típico, como o úmero, quatro grupos vasculares principais se desenvolvem (**Figura 5.10**).

1. *Artéria e veia nutrícias*: Estes vasos se formam quando os vasos sangüíneos invadem o modelo cartilagíneo no início da ossificação endocondral. Geralmente há apenas uma **artéria nutrícia** e uma **veia nutrícia** entrando na diáfise através de um *forame nutrício*, embora alguns poucos ossos, inclusive o fêmur, tenham dois ou mais. Esses vasos penetram a diáfise para atingir a cavidade medular. A artéria nutrícia divide-se em ramos ascendente e descendente, que se aproximam das epífises. Tais vasos então voltam a entrar na substância compacta pelos canais perfurantes e se estendem pelos canais centrais para suprir as osteonas da substância compacta do osso (**Figura 5.2b**, pág. 114).
2. *Vasos metafisiais*: Estes vasos fazem o suprimento sangüíneo da superfície interna (diafisial) da cartilagem epifisial, onde o osso substitui a cartilagem.
3. *Vasos epifisiais*: As extremidades epifisiais dos ossos longos freqüentemente apresentam numerosos pequenos forames. Os vasos que utilizam esses forames suprem o tecido ósseo e as cavidades medulares das epífises.
4. *Vasos periosteais*: Vasos sangüíneos do periósteo são incorporados à superfície do osso em desenvolvimento conforme descrito na **Figura 5.9**. Esses vasos fazem o suprimento sangüíneo das osteonas superficiais da diáfise. Durante a formação de osso endocondral, ramos dos vasos periosteais penetram as epífises e realizam o suprimento sangüíneo dos centros de ossificação secundários. O periósteo também contém uma grande rede de vasos linfáticos, e muitos destes apresentam ramificações que penetram no osso e atingem osteonas individuais através de numerosos canais perfurantes.

Após o fechamento das epífises, os três grupos de vasos sangüíneos desenvolvem intensa intercomunicação, conforme apresenta a **Figura 5.10**.

Inervação óssea

Os ossos são inervados por nervos sensitivos, e as lesões do esqueleto podem ser bastante dolorosas. Terminações nervosas sensitivas ramificam-se no periósteo e nervos sensitivos penetram na substância cortical, juntamente com a artéria nutrícia, para inervar o endósteo, a cavidade medular e as epífises.

Fatores de regulação do crescimento ósseo

O crescimento normal do osso depende da combinação de fatores nutricionais e hormonais:

- O crescimento ósseo normal não pode ocorrer sem suprimento dietético constante de sais de cálcio e fosfatos, bem como de outros íons, como magnésio, citrato, carbonato e sódio.

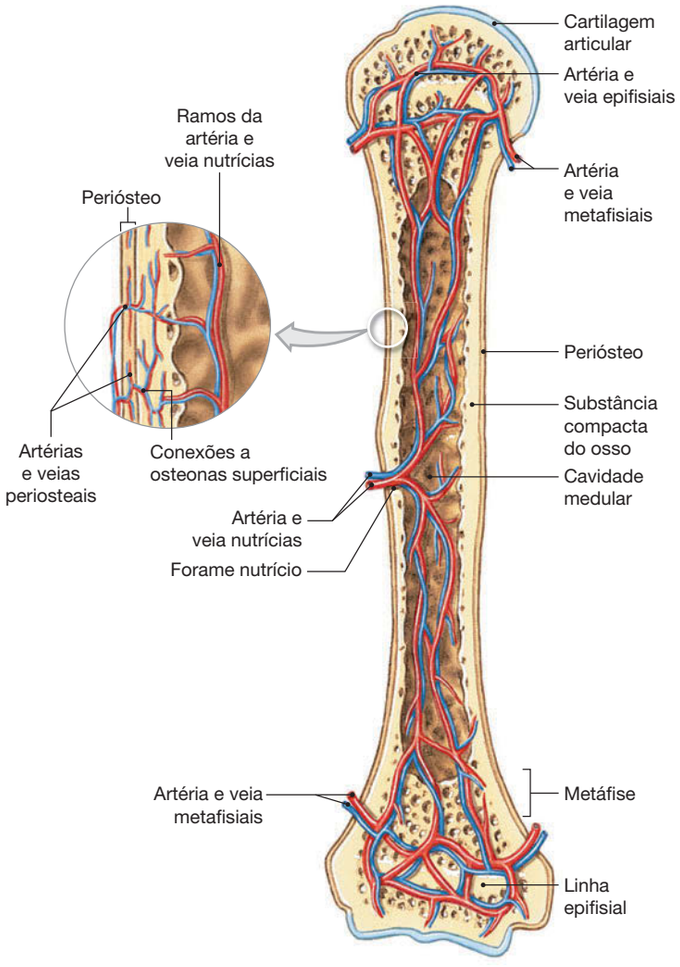


Figura 5.10 Suprimento sangüíneo para um osso maduro.
Disposição e associação de vasos sangüíneos suprindo o úmero.

- As *vitaminas A* e *C* são essenciais para o crescimento ósseo normal e para o remodelamento, devendo ser obtidas a partir de dieta adequada.
- O grupo de esteróides correlacionados, conhecidos coletivamente como **vitamina D**, desempenha um papel importante no metabolismo normal do cálcio pela estimulação da absorção e do transporte dos íons cálcio e fosfato no sangue. A forma ativa da vitamina D, *calcitriol*, é sintetizada nos rins; este processo depende em última análise da disponibilidade de um esteróide correlacionado, *colecalciferol*, que pode ser absorvido na dieta ou sintetizado na pele em presença de radiação UV. pág. 94

Os hormônios regulam o padrão de crescimento pela modificação da velocidade das atividades osteoblástica e osteoclástica.

- As glândulas paratireóides liberam o **hormônio paratireóideo**, que estimula as atividades osteoblástica e osteoclástica, aumenta a velocidade de absorção do cálcio no intestino delgado e reduz a velocidade de excreção urinária do cálcio. A ação desse hormônio no intestino requer a presença de *calcitriol*, um hormônio produzido nos rins. pág. 94
- Os *tireócitos C* (também chamados de *células C*) no interior da glândula tireóide em crianças e mulheres grávidas secretam o hormônio **calcitonina**, o qual inibe os osteoclastos e aumenta a velocidade de excreção urinária de cálcio. Ainda é incerta a importância da calcitonina em mulheres não grávidas saudáveis.
- O *hormônio do crescimento*, produzido pela hipófise, e a **tireoxina** (tiroxina), produzida pela glândula tireóide, estimulam o crescimento ósseo. Em equilíbrio apropriado, esses hormônios mantêm a atividade normal das cartilagens epifisiais aproximadamente até a puberdade.
- Na puberdade, o crescimento ósseo é dramaticamente acelerado. Os **hormônios sexuais** (*estrógeno* e *testosterona*) estimulam os osteoblastos a produzirem tecido ósseo em uma velocidade de produção maior do que a velocidade de expansão da cartilagem epifisial. Ao longo do tempo, as cartilagens epifisiais tornam-se estreitas e por fim se ossificam ou "fecham". A produção contínua de hormônios sexuais é essencial para a manutenção da massa óssea nos adultos.

Existem diferenças na época de fechamento das cartilagens epifisiais que variam de osso para osso e entre diferentes indivíduos. Os dedos dos pés podem completar sua ossificação por volta dos 11 anos de idade, enquanto partes da pelve ou do punho podem continuar a crescer até os 25 anos. As diferenças entre hormônios masculino e feminino respondem pelas variações entre os gêneros e pelas variações descritas nas proporções corporais e no tamanho do corpo.

REVISÃO DOS CONCEITOS

1. De que modo um raio X do fêmur pode determinar se uma pessoa atingiu sua altura máxima?
2. Descreva sucintamente os principais passos da ossificação intramembranácea.
3. Descreva como os ossos crescem em diâmetro.
4. O que é cartilagem epifisial? Onde ela se localiza? Por que ela é importante?

Veja a seção de Respostas na parte final do livro.

Manutenção, remodelamento e reparação óssea

O crescimento ósseo ocorre quando os osteoblastos produzem matriz óssea em quantidade superior à capacidade de remoção das mesmas por osteoclastos. O remodelamento e a reparação óssea podem envolver modificações na forma ou na arquitetura interna do osso ou na quantidade total de minerais depositados no esqueleto. No adulto, os osteócitos estão continuamente removendo e repondo sais de cálcio ao seu redor. Entretanto, os osteoblastos e osteoclastos permanecem ativos durante toda a vida, e não apenas durante os anos de crescimento. Em adultos jovens, há um equilíbrio entre as atividades osteoblástica e osteoclástica igualando as velocidades de formação e absorção de tecido ósseo. Enquanto uma osteona se forma pela atividade osteoblástica, outra é destruída pelos osteoclastos. A velocidade de renovação completa dos minerais (*turnover*) é bastante alta; a cada ano, aproximadamente um quinto do esqueleto adulto é reconstruído ou reposto. Nem todas as partes de todos os ossos podem ser afetadas, uma vez que existem diferenças regionais e mesmo locais na velocidade de renovação (*turnover*). Por exemplo, a substância esponjosa na cabeça do fêmur pode ser reposta ou substituída duas ou três vezes a cada ano, enquanto a substância compacta da metáfise permanece intocada por períodos mais longos. Esta alta velocidade do *turnover* continua no idoso, porém, nestes indivíduos, a atividade osteoblástica diminui mais rapidamente do que a atividade osteoclástica. Como conseqüência, a reabsorção excede a deposição óssea, e o esqueleto gradualmente enfraquece.

Remodelamento ósseo

Apesar de ser duro e denso, o osso é capaz de modificar sua forma em resposta a condições ambientais. O remodelamento ósseo envolve os processos simultâneos de adição de osso novo e remoção de osso anteriormente formado. Por exemplo, o remodelamento ósseo ocorre durante o processo de realinhamento dental realizado pelo ortodontista. Enquanto os dentes são movimentados, o formato dos alvéolos dentais, nos quais os dentes se implantavam, é alterado pela reabsorção de osso existente e deposição de osso novo de acordo com a nova posição dos dentes. Da mesma maneira, o desenvolvimento muscular aumentado (como em treinamentos de musculação) também envolve remodelamento dos ossos para atender às novas demandas impostas aos tendões e às regiões de fixação muscular.

Os ossos se adaptam ao estresse pela modificação do *turnover* e pela reciclagem dos minerais. Existe a hipótese de que o mecanismo que controla a organização e a estrutura interna do osso seja a sensibilidade dos osteoblastos a eventos elétricos. Sempre que um osso é submetido à ação de forças mecânicas, os cristais minerais geram campos elétricos diminutos. Os osteoblastos parecem ser atraídos para esses campos elétricos e, uma vez na região, começam a produzir osso. (Campos elétricos podem ser também estimulados e utilizados na reparação de fraturas graves.)

Como os ossos são adaptáveis, sua morfologia e características superficiais refletem as forças a eles aplicadas. Por exemplo, saliências e cristas na superfície do osso marcam locais de fixação dos tendões no osso. O fortalecimento dos músculos causa o aumento dessas saliências e cristas para atender às maiores demandas de força. Ossos intensamente solicitados tornam-se mais fortes e espessos, enquanto ossos subutilizados tornam-se finos e frágeis. Assim sendo, a prática de atividade física regular é importante também como um estímulo para a manutenção da estrutura óssea normal, especialmente em crianças na fase de crescimento, mulheres após a menopausa e homens idosos.

Após períodos relativamente curtos de inatividade, ocorrem alterações degenerativas no esqueleto. Por exemplo, o uso de muletas durante um período de imobilização, com utilização de gesso, retira o peso do membro lesado. Após poucas semanas, os ossos não solicitados perdem por volta de um terço de sua massa. No entanto, eles se reconstroem de modo igualmente rápido com o restabelecimento da solicitação normal.

Lesão e reparação [Figura 5.11]

Apesar da rigidez proporcionada pela sua constituição mineral, o osso pode rachar ou mesmo quebrar se submetido a cargas extremas, a impactos súbitos, ou a forças exercidas de direções incomuns. A lesão produzida constitui uma **fratura**. Em geral, a cicatrização de uma fratura ocorre mesmo depois de lesões graves, desde que mantido o suprimento sangüíneo e que os componentes celulares do endósteo e do periósteo tenham sobrevivido. As etapas de reparação de uma fratura estão ilustradas na Figura 5.11. O tecido novo de preenchimento da fratura será discretamente mais espesso e provavelmente mais forte do que o osso original; sob novo impacto comparável, uma segunda fratura geralmente ocorre em local diferente.

Envelhecimento e sistema esquelético [Figura 5.12]

Os ossos do esqueleto tornam-se mais finos e relativamente enfraquecidos como parte do processo normal de envelhecimento. A ossificação inade-

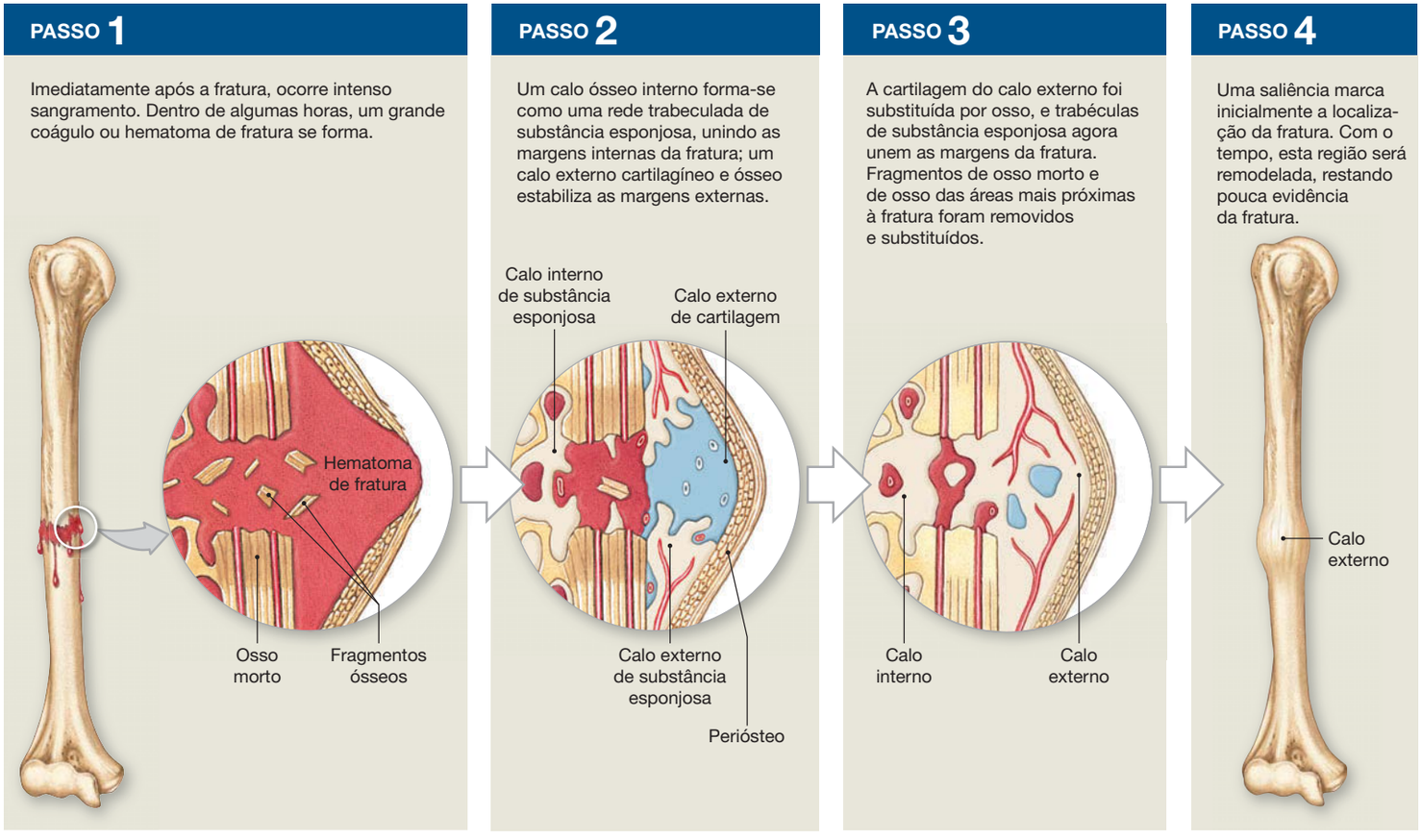


Figura 5.11 Reparação de fraturas.
Passos envolvidos no reparo de fraturas.

Nota clínica

Osteoporose e anomalias esqueléticas relacionadas à idade Na **osteoporose**, há uma redução da massa óssea, que é suficiente para comprometer a função normal do esqueleto. Nossa densidade óssea máxima é alcançada nos primeiros anos da terceira década, diminuindo a partir de então com o avançar da idade. A ingestão inadequada de cálcio em adolescentes reduz o pico máximo de densidade óssea e predispõe à osteoporose. A distinção entre a osteopenia "normal" do envelhecimento e a osteoporose é uma questão de gradação.

Estimativas atuais indicam que 29% das mulheres entre 45 e 79 anos podem ser consideradas osteoporóticas. O aumento na incidência da osteoporose após a menopausa está ligado ao decréscimo da produção de estrógenos (hormônios sexuais femininos). A incidência de osteoporose em homens na mesma faixa etária é estimada em 18%.

A fragilidade excessiva dos ossos resulta freqüentemente em fraturas, e a cicatrização subseqüente é prejudicada. As vértebras podem colabar-se, distorcendo as articulações intervertebrais, podendo comprimir nervos espinais. A suplementação de estrógenos, modificações na dieta para elevar os níveis sangüíneos de cálcio, a implementação de atividade física para aumentar o nível de solicitação mecânica dos ossos e estimular a atividade osteoblástica e a administração de calcitonina sob a forma de *spray* nasal são medidas que, embora não previnam, parecem retardar o desenvolvimento da osteoporose. A inibição da atividade osteoclástica por drogas denominadas *bifosfonatos*, como o Fosamax®, pode reduzir o risco de fratura nos ossos da coluna vertebral ou do quadril em mulheres idosas, além de melhorar a densidade óssea. Para utilização a longo prazo, medidas como implementação de atividade física e de dietas ricas em cálcio e bifosfonatos são preferíveis.

A osteoporose também pode se desenvolver como efeito secundário em alguns tipos de câncer. Os cânceres de medula óssea, mama ou outros tecidos podem liberar um agente químico conhecido como **fator ativador de osteoclastos**. Esse fator aumenta o número e a atividade dos osteoclastos, levando à osteoporose grave.

As doenças infecciosas que afetam o sistema esquelético tornam-se mais comuns com o avanço da idade. Isso se deve em parte à maior incidência de fraturas, à menor velocidade de cicatrização e à redução das defesas imunológicas.

A **osteomielite** (*myelos*, medula) é uma infecção dolorosa e destrutiva causada geralmente por bactéria. Essa infecção, mais comum em pessoas ao redor dos 50 anos, pode levar a infecções sistêmicas graves. Fatores hereditários e ambientais, incluindo a possibilidade de uma infecção viral, parecem ser responsáveis pela **doença de Paget**, também conhecida como **osteíte deformante**. Essa doença pode afetar até 10% da população acima dos 70 anos. A atividade localizada de osteoclastos é acelerada, o que acaba por produzir regiões de osteoporose aguda, e os osteoblastos produzem matriz protéica anormal. O resultado destas alterações é uma deformação gradual do esqueleto. O tratamento com bifosfonato pode retardar a progressão da doença, como faz com a osteoporose, pela redução da atividade osteoclástica.

quada é chamada de **osteopenia** (*penia*, falta), e os indivíduos tornam-se osteopênicos com a idade. Esta redução da massa óssea ocorre entre os 30 e 40 anos. Ao longo desse período, a atividade osteoblástica começa a declinar, enquanto a atividade osteoclástica permanece nos níveis anteriores. Uma vez que a redução da atividade osteoblástica começa, as mulheres perdem cerca de 8% de sua massa óssea a cada década; em homens, o esqueleto deteriora-se mais lentamente, com porcentagens próximas de 3% a cada década. As partes do esqueleto não são afetadas da mesma forma. As epífises, as vértebras, a maxila e a mandíbula apresentam maiores perdas, resultando em fragilidade dos membros, perda de peso e de dentes. Uma porcentagem significativa de mulheres idosas e uma menor proporção de homens idosos sofrem de **osteoporose** (*porosus*, poroso). Esta

(a) Substância esponjosa normal **(b) Substância esponjosa na osteoporose**

Figura 5.12 Os efeitos da osteoporose.
(a) Substância esponjosa normal da epífise de um adulto jovem. (MEV x 25)
(b) Substância esponjosa de um indivíduo com osteoporose. (MEV x 21)

alteração é caracterizada pela redução da massa óssea e por modificações microestruturais que comprometem a função normal e aumentam a suscetibilidade às fraturas (**Figura 5.12**).

REVISÃO DOS CONCEITOS

1. Você esperaria ver alguma diferença nos ossos de um atleta antes e depois de um longo treinamento para aumentar a massa muscular? Por quê?
2. Quais vitaminas e hormônios regulam o crescimento ósseo?
3. Qual é a principal diferença que poderíamos encontrar na comparação do crescimento ósseo aos 15 e aos 30 anos de idade?

Veja a seção de Respostas na parte final do livro.

Anatomia dos elementos do esqueleto

O esqueleto humano contém 206 ossos principais. Podemos classificá-los em seis categorias amplas de acordo com sua conformação particular.

Classificação dos ossos [Figuras 5.3/5.13]

Consulte a **Figura 5.13** ao estudar a descrição da classificação anatômica dos ossos.

1. *Ossos longos* são relativamente alongados e delgados (**Figura 5.13a**). Eles apresentam uma diáfise, duas metáfises, duas epífises e uma cavidade medular, conforme mostrado na **Figura 5.3**, pág. 115. São encontrados nos membros superiores e inferiores. Exemplos incluem o *úmero*, o *rádio*, a *ulna*, o *fêmur*, a *tíbia* e a *fíbula*.
2. *Ossos planos* apresentam superfícies delgadas e paralelas de substância compacta. Sua estrutura assemelha-se a um sanduíche de substância esponjosa; estes ossos são fortes, mas relativamente leves. Os ossos planos formam a calvária (**Figura 5.13b**), o esterno, as costelas e as escápulas. Eles oferecem proteção para os tecidos moles subjacentes e áreas de superfície extensas para a fixação de músculos esqueléticos. Ao se descrever os ossos planos do crânio, como os ossos parietais, usam-se termos especiais. As camadas relativamente espessas de substância compacta dos parietais são chamadas de *lâmina interna* e *externa*, e a camada de substância esponjosa entre elas é denominada **díploe**. *Ossos suturais (wormianos)* são pequenos, planos, de formato irregular, encontrados entre os ossos

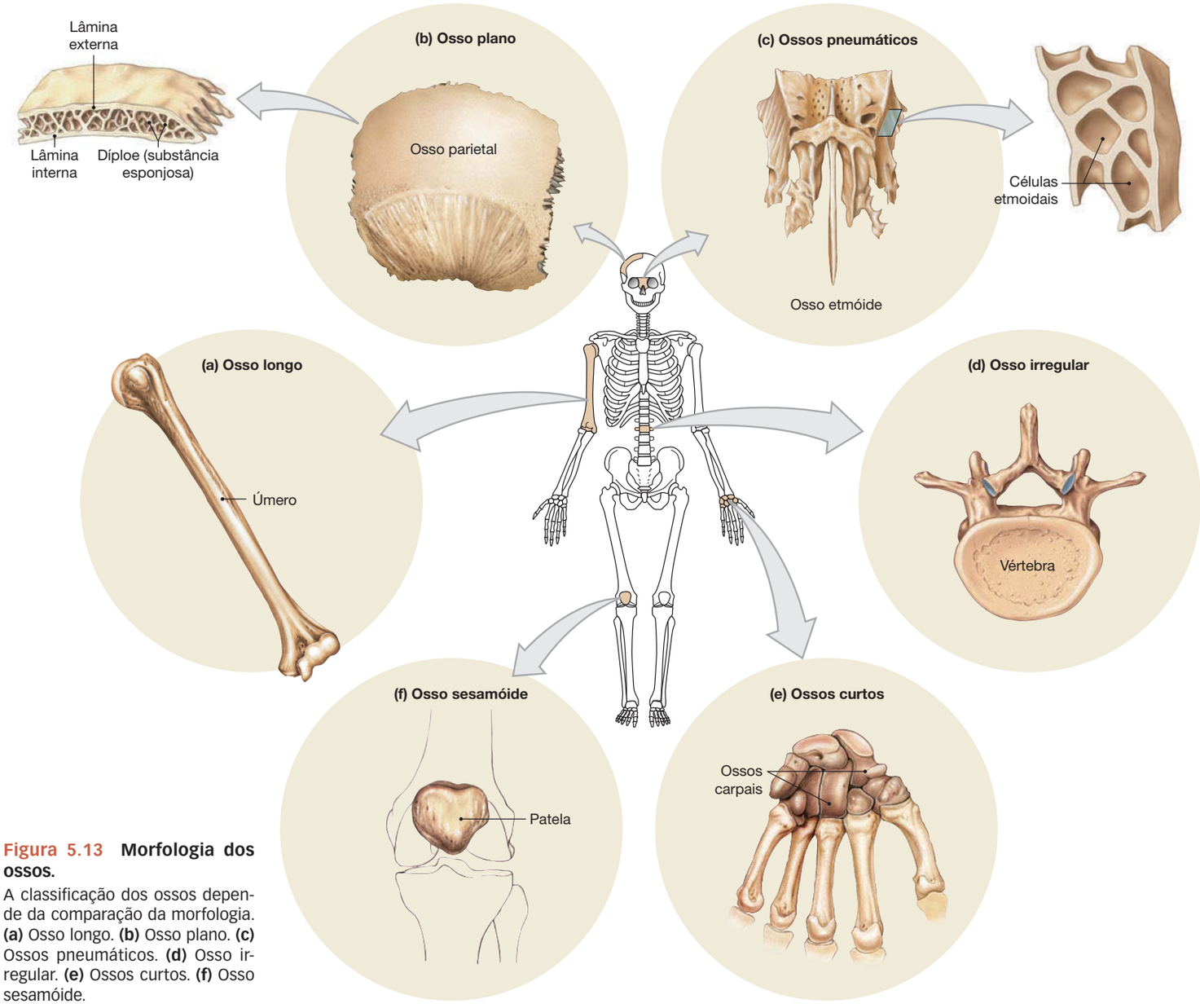


Figura 5.13 Morfologia dos ossos.
A classificação dos ossos depende da comparação da morfologia. **(a)** Osso longo. **(b)** Osso plano. **(c)** Ossos pneumáticos. **(d)** Osso irregular. **(e)** Ossos curtos. **(f)** Osso sesamóide.

planos do crânio na linha de sutura. Eles se desenvolvem a partir de centros de ossificação individuais e são considerados como um tipo de osso plano.

3. *Ossos pneumáticos* são ossos ocos ou que contém numerosas cavidades de ar, como o etmóide (Figura 5.13c).
4. *Ossos irregulares* apresentam morfologia complexa com superfícies planas, entalhadas, curtas ou sulcadas (Figura 5.13d). Sua estrutura interna é igualmente variada. São exemplos de ossos irregulares as vértebras que formam a coluna e vários ossos do crânio.
5. *Ossos curtos* são semelhantes a caixas (Figura 5.13e). Suas superfícies externas são recobertas por substância compacta, mas há substância esponjosa em seu interior. Exemplos de ossos curtos incluem os ossos carpais (mão) e os ossos tarsais (pé).
6. *Ossos sesamóides* são geralmente pequenos, arredondados e planos (Figura 5.13f). Eles se desenvolvem dentro de tendões e são mais freqüentemente encontrados próximos às articulações dos joelhos, mãos e pés. Alguns indivíduos têm ossos sesamóides em todos os locais possíveis, porém todos os indivíduos apresentam o osso sesamóide, a *patela*.

Acidentes ósseos (características de superfície)

[Figura 5.14 e Tabela 5.1]

Cada osso do corpo apresenta uma morfologia e características típicas externas e internas. Saliências ou projeções formam-se onde tendões e ligamentos fixam-se e onde ossos adjacentes se articulam. Depressões, sulcos e canais no osso indicam locais onde vasos e nervos fazem trajeto ou penetram no osso. O exame detalhado destes **acidentes ósseos**, ou *características de superfície,* pode trazer muitas informações anatômicas. Por exemplo, antropologistas forenses podem determinar idade, estatura, gênero e aspecto geral do indivíduo com base em fragmentos ósseos remanescentes do esqueleto. (Este tópico será discutido posteriormente no Capítulo 6.) A terminologia dos acidentes ósseos é apresentada na Tabela 5.1 e ilustrada na Figura 5.14.

TABELA 5.1 Terminologia comum dos acidentes ósseos

Descrição geral	Termo anatômico	Definição e exemplo (*Ver Figura 5.14*)
Saliências e projeções (geral)	Processo Ramo	Qualquer projeção ou elevação (b) Uma extensão de um osso formando ângulo com o resto da estrutura (b, e)
Processos formados nas regiões de fixação de tendões e ligamentos	Trocanter Tuberosidade Tubérculo Crista Linha Espinha	Uma projeção grande e irregular (a) Uma projeção rugosa (a) Uma pequena projeção arredondada (a, d) Uma crista proeminente (e) Uma crista pouco saliente (e) Um processo pontiagudo (e)
Processos formados para articulação com ossos adjacentes	Cabeça Colo Côndilo Tróclea Face articular	Extremidade expandida de uma epífise, freqüentemente separada da metáfise por um colo mais estreito (a, d) Uma ligação mais estreita entre a epífise e a diáfise (a, d) Um processo articular arredondado e de superfície lisa (a, d) Processo articular sulcado, de superfície lisa, e formato semelhante ao de uma polia (d) Superfície articular pequena e lisa (a)
Depressões	Fossa Sulco	Depressão rasa (d, e) Depressão alongada e estreita (d)
Aberturas	Forame Fissura Meato ou canal Seio (ou "antro")	Passagem arredondada para vasos sangüíneos e/ou nervos (b, e) Uma abertura alongada (b) Uma passagem através de um osso (c) Uma câmara dentro de um osso, geralmente preenchida por ar (c)

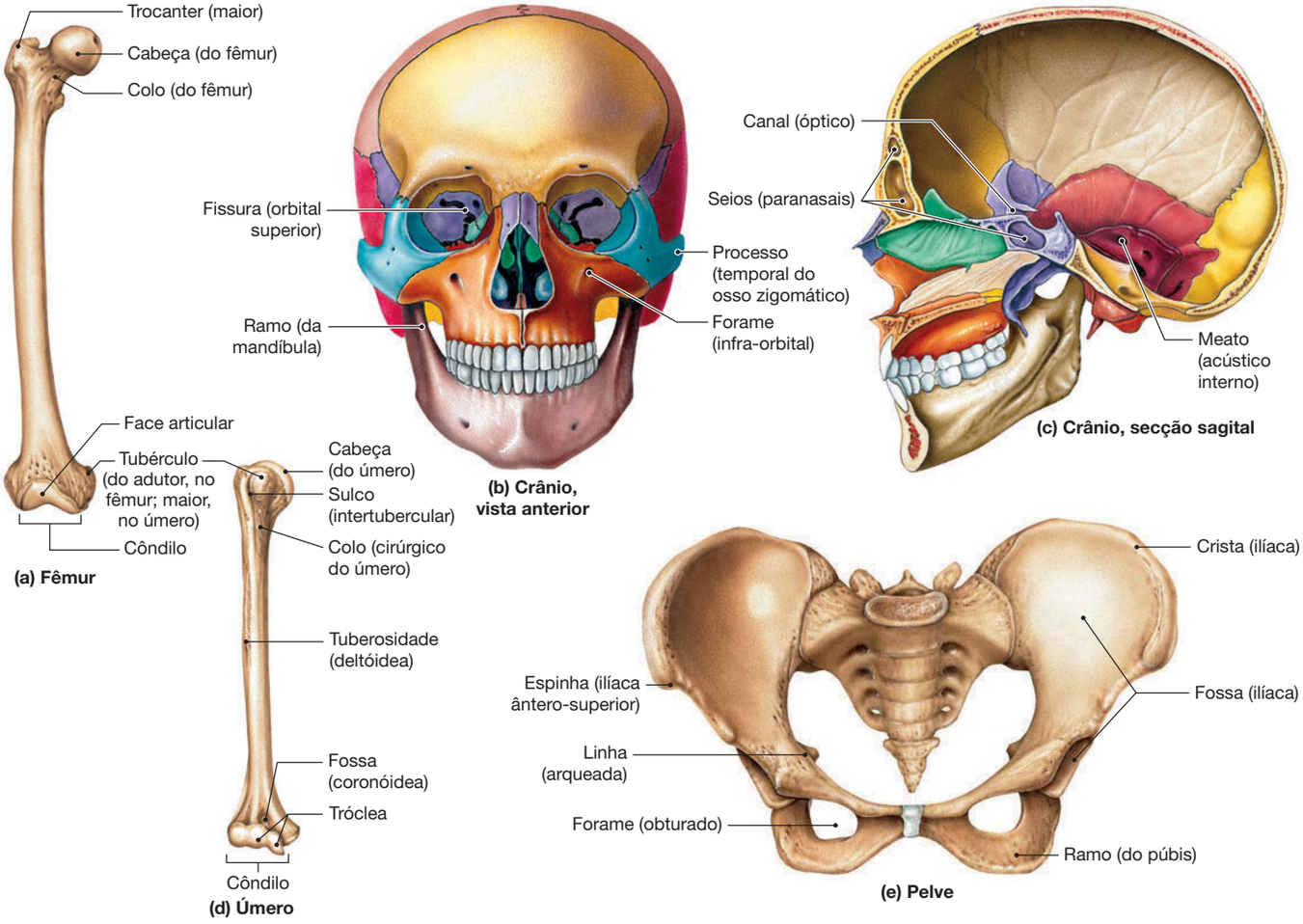


Figura 5.14 Exemplos de acidentes ósseos (características de superfície).
Acidentes ósseos conferem referências anatômicas características e distintas para orientação e identificação de ossos e estruturas associadas.

Nota clínica

Uma classificação de fraturas As fraturas são classificadas de acordo com sua aparência externa, local da fratura, natureza da fissura ou fratura no osso. Tipos importantes de fraturas estão aqui descritos, com imagens de raio X representativas de cada um. Muitas fraturas podem ser classificadas em mais de uma categoria. Por exemplo, uma fratura de Colles é uma fratura transversal mas, dependendo da lesão, também pode ser classificada como uma fratura cominutiva, que pode ser tanto fechada quanto exposta. **Fraturas fechadas** ou *simples* são totalmente internas; não envolvem ruptura da pele. **Fraturas expostas** ou *compostas* projetam-se através da pele; oferecem mais risco ao paciente pela possibilidade de infecção ou hemorragia.

Uma **fratura de Pott** ocorre no tornozelo e atinge a tíbia e a fíbula.

Fraturas cominutivas, como esta fratura do fêmur, estilhaçam a área afetada.

Fraturas transversais, como esta da ulna, produzem a lesão do osso transversa a seu maior eixo.

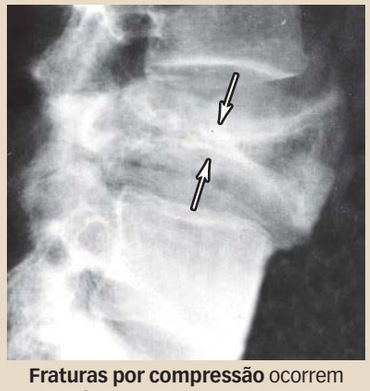
Fraturas em espiral, como esta da tíbia, são produzidas por forças de rotação que se propagam ao longo do comprimento do osso.

Fraturas com desvio, como esta fratura da ulna, produzem novos arranjos ósseos; **fraturas sem desvio** mantêm o alinhamento normal dos fragmentos ósseos.

Uma **fratura de Colles** é uma lesão da porção distal do rádio, tipicamente resultante do apoio ao proteger-se de uma queda.

Em uma **fratura em galho verde**, como esta fratura do rádio, somente um lado da diáfise se quebra e o outro fica curvo. Este tipo de fratura é comum em crianças cujos ossos não se ossificaram totalmente.

Fraturas epifisiais, como esta fratura do fêmur, tendem a ocorrer quando a matriz óssea está se calcificando e os condrócitos estão morrendo. A reparação de uma fratura sem fragmentação nesta linha geralmente ocorre sem problemas. A menos que sejam tratadas cuidadosamente, as fraturas entre a epífise e a cartilagem epifisial podem cessar definitivamente o crescimento neste local.



Fraturas por compressão ocorrem nas vértebras sujeitas a impactos extremos como ocorre ao se cair sentado. Elas são mais comuns em ossos afetados por osteoporose.

Nossa discussão se concentrará nos achados mais importantes e úteis para a identificação de um osso. Estas estruturas também são úteis porque fornecem referências que podem auxiliar na determinação da posição de tecidos de outros sistemas. Termos anatômicos específicos são usados para descrever as várias saliências e depressões.

REVISÃO DOS CONCEITOS

1. Por que um conhecimento aprofundado dos acidentes ósseos é importante no ambiente clínico?
2. Qual é a principal diferença entre ossos irregulares e ossos sesamóides?
3. Onde você procuraria ossos suturais em um esqueleto?

Veja a seção de Respostas na parte final do livro.

Integração com outros sistemas

Embora os ossos pareçam inertes, pode-se compreender agora que eles são estruturas bastante dinâmicas. O sistema esquelético está intimamente associado com outros sistemas. Os ossos estão relacionados ao sistema muscular, circulatório e linfático, sendo também intensamente influenciados pelo sistema endócrino. Também os sistemas digestório e urinário desempenham papel importante na provisão de cálcio, fosfato e outros minerais necessários ao crescimento ósseo. Em contrapartida, o esqueleto representa uma reserva de cálcio, fosfato e outros minerais que podem compensar modificações no suprimento dietético destes íons.

TERMOS CLÍNICOS

Acondroplasia: Alteração resultante de atividade anormal da cartilagem epifisial; estas cartilagens crescem muito lentamente e o indivíduo desenvolve membros curtos e atarracados. O tronco apresenta tamanho normal e o desenvolvimento mental e sexual permanecem normais.

Acromegalia: Alteração causada por excessiva secreção de hormônio do crescimento após a puberdade e fechamento das cartilagens epifisiais. Desenvolvem-se anomalias esqueléticas que afetam as cartilagens e vários pequenos ossos, principalmente na face, nas mãos e nos pés.

Calo externo: Uma camada enrijecida de tecido conectivo que envolve e estabiliza um osso no local de uma fratura.

Calo interno: Uma ponte de osso trabecular que une as extremidades do osso no lado medular da fratura.

Doença de Paget (osteíte deformante): Doença caracterizada por deformação gradativa do esqueleto.

Fator ativador da atividade dos osteoclastos: Um composto produzido por alguns tipos de câncer de medula, mama e outros tecidos. Provoca osteoporose grave.

Fratura: Rachadura ou quebra de um osso.

Gigantismo: Alteração resultante da superprodução de hormônio do crescimento antes da puberdade.

Hematoma de fratura: Um grande coágulo sangüíneo que obstrui os vasos rompidos, deixando uma rede fibrosa na área lesada.

Hiperostose: Formação excessiva de tecido ósseo.

Nanismo hipofisial: Um tipo de nanismo causado pela produção inadequada de hormônio do crescimento.

Osteogênese imperfeita: Uma doença hereditária que afeta a organização das fibras colágenas. A função dos osteoblastos é prejudicada, o crescimento é anormal e os ossos são muito frágeis, levando a deformidades esqueléticas e repetidas fraturas.

Osteomalacia: Amolecimento do osso devido à diminuição do seu conteúdo de minerais.

Osteomielite: Infecção dolorosa do osso geralmente de origem bacteriana.

Osteopenia: Redução na massa e na densidade ósseas.

Osteopetrose: Alteração causada pela diminuição da atividade osteoclástica, causando aumento da massa óssea e várias deformidades esqueléticas.

Osteoporose: Uma doença caracterizada por deterioração da organização histológica do tecido ósseo, levando à redução de massa óssea a um grau que compromete a função normal.

Raquitismo: Um distúrbio que causa a redução na quantidade de sais de cálcio no esqueleto; freqüentemente caracterizada pelo aspecto arqueado das pernas.

Síndrome de Marfan: Alteração hereditária relacionada à produção defeituosa de uma glicoproteína do tecido conectivo. Os achados físicos mais evidentes desta doença encontram-se na estatura física, exageradamente grande, e nos membros, extremamente longos e esguios.

RESUMO PARA ESTUDO

Introdução 112

1. O sistema esquelético inclui os ossos do esqueleto e as cartilagens, ligamentos e outros tecidos conectivos que estabilizam ou interligam os ossos. Suas funções incluem sustentação estrutural, armazenamento de minerais e lipídeos, produção de células sangüíneas, proteção de órgãos e tecidos delicados e alavancagem.

Estrutura do osso 112

1. O **tecido ósseo (osso)** é um tecido conectivo de sustentação com células especializadas e uma **matriz** extracelular sólida de fibras de proteína e substância fundamental.

A organização histológica do osso maduro 112

2. A matriz óssea consiste principalmente em cristais de **hidroxiapatita**, responsável por quase dois terços do peso do corpo. O terço restante é dominado por fibras colágenas e pequenas quantidades de outros sais de cálcio; células ósseas e outros tipos de células contribuem com apenas aproximadamente 2% do volume de tecido ósseo.
3. **Osteócitos** são células ósseas maduras circundadas por matriz óssea rígida. Os osteócitos localizam-se em espaços denominados **lacunas**. Os osteócitos nas lacunas são interligados por pequenos canais ocos, denominados **canalículos**. **Lamelas** são camadas de matriz calcificada. *(ver Figura 5.1)*
4. **Osteoblastos** são células imaturas formadoras de osso. Pelo processo de **osteogênese**, os osteoblastos sintetizam **osteóide**, que é a matriz do osso antes da sua calcificação. *(ver Figura 5.1)*

5. **Células osteoprogenitoras** são células mesenquimais que desempenham uma importante função na reparação de fraturas ósseas. (*ver Figura 5.1)*
6. **Osteoclastos** são células grandes e multinucleadas que contribuem para a dissolução de matriz óssea através do processo denominado **osteólise**. São importantes na regulação das concentrações de cálcio e fosfato nos líquidos corporais.

Substância compacta e esponjosa dos ossos 113

7. Há dois tipos de substância óssea: **compacta**, ou *densa*, e **esponjosa**, ou *trabeculada*. A composição da matriz da substância compacta é a mesma da substância esponjosa ou trabeculada, porém sua constituição tridimensional é diferente no que diz respeito à disposição de osteócitos, canalículos e lamelas. *(ver Figuras 5.1/5.2)*
8. A unidade funcional básica da substância compacta é a **osteona**, ou *sistema haversiano*. Os osteócitos em uma osteona apresentam-se dispostos em camadas concêntricas em torno de um **canal central**. *(ver Figuras 5.1b-d/5.2)*
9. A substância esponjosa contém traves ou placas de sustentação denominadas **trabéculas**, freqüentemente em uma rede aberta. *(ver Figura 5.2)*
10. A substância compacta reveste as superfícies ósseas. Esta camada de revestimento é mais espessa nas regiões em que existe uma demanda localizada de resistência a poucos vetores de forças ou a vetores de força de direções semelhantes, ou seja, direções restritas a uma gama limitada de variação. *(ver Figura 5.3)*

O periósteo e o endósteo 116

11. Os ossos são recobertos externamente por **periósteo** (bilaminar, sendo a camada externa fibrosa, e a interna, celular) e revestidos internamente por **endósteo** (celular). *(ver Figura 5.4)*

Desenvolvimento e crescimento ósseo 117

1. **Ossificação** é o processo de substituição de outros tecidos por osso; **calcificação** é o processo de deposição de sais de cálcio dentro de um tecido.

Ossificação intramembranácea 117

2. A **ossificação intramembranácea**, também denominada **ossificação dérmica**, inicia-se quando osteoblastos diferenciam-se dentro de um tecido conectivo mesenquimal ou fibroso. Este processo pode produzir substância esponjosa ou compacta do osso. Tais ossificações ocorrem em **centros de ossificação**. *(ver Figuras 5.5/5.6)*

Ossificação endocondral 119

3. A **ossificação endocondral** inicia-se com a formação de um modelo cartilagíneo. Esse modelo de cartilagem hialina é gradualmente substituído por tecido ósseo. *(ver Figuras 5.6/5.7)*
4. A extensão de um osso em desenvolvimento aumenta na **cartilagem epifisial**, que separa a epífise da diáfise. Neste local, nova cartilagem é adicionada à epífise, enquanto tecido ósseo substitui a cartilagem mais antiga na diáfise. O tempo de fechamento da cartilagem epifisial difere entre os diversos ossos e entre os indivíduos. *(ver Figura 5.8)*
5. O diâmetro de um osso aumenta por crescimento aposicional na superfície externa. *(ver Figura 5.9)*

Formação do suprimento sangüíneo e linfático 123

6. Um osso típico formado por ossificação endocondral apresenta quatro principais tipos de vasos: *vasos nutrícios*, *vasos metafisiais*, *vasos epifisiais* e *vasos periosteais*. Vasos linfáticos estão distribuídos no periósteo e penetram as osteonas através dos canais nutrícios e perfurantes. *(ver Figuras 5.7/5.10)*

Inervação óssea 123

7. Ramos de terminações nervosas sensitivas através do periósteo e nervos sensitivos penetram a substância cortical com a artéria nutrícia para suprir o endósteo, a cavidade medular e as epífises.

Fatores de regulação do crescimento ósseo 123

8. A osteogênese normal depende de uma fonte constante de minerais, vitaminas e hormônios.
9. O **hormônio paratireóideo**, secretado pelas glândulas paratireóides, estimula a atividade de osteoclastos e osteoblastos. Contrariamente, a **calcitonina**, secretada por células C na glândula tireóide, inibe a atividade dos osteoclastos e aumenta a perda de cálcio na urina. Estes hormônios controlam a velocidade de deposição de minerais no esqueleto e regulam a concentração do íon cálcio nos líquidos corporais.
10. O **hormônio do crescimento**, a **tireoxina** (**tiroxina**) e os **hormônios sexuais** estimulam o crescimento ósseo por meio do aumento da atividade dos osteoblastos.
11. Há diferenças entre os diversos ossos e entre os indivíduos no que se refere ao tempo de fechamento das cartilagens epifisiais.

Manutenção, remodelamento e reparação óssea 124

1. A velocidade de renovação (*turnover*) para o osso é bastante elevada. A cada ano, aproximadamente um quinto do esqueleto adulto é substituído por osso novo.

Remodelamento ósseo 125

2. O remodelamento ósseo envolve o processo simultâneo de adição de novo osso e remoção de osso previamente formado.
3. Os processos de *turnover* e reciclagem mineral conferem ao osso a capacidade de adaptação a novas solicitações mecânicas.
4. O cálcio é o mineral mais comum no corpo humano, sendo que mais de 98% encontram-se no esqueleto.

Lesão e reparação 125

5. **Fraturas** são rachaduras ou quebras em um osso. De modo geral, a reparação de uma fratura pode ocorrer desde que porções de suprimento sangüíneo, endósteo e periósteo permaneçam intactos. *(ver Figura 5.11)* Para uma classificação de tipos de fraturas, consulte a Nota clínica da página 129.

Envelhecimento e sistema esquelético 125

6. Ao longo do processo de envelhecimento, os ossos do esqueleto normalmente tornam-se mais delgados e quebradiços. A **osteopenia** geralmente se desenvolve em algum grau, mas em alguns casos este processo progride para a **osteoporose** e os ossos tornam-se perigosamente mais fracos e quebradiços. *(ver Figura 5.12)*

Anatomia dos elementos do esqueleto 126

Classificação dos ossos 126

1. As categorias de ossos são baseadas em uma classificação anatômica; essas categorias são *ossos longos*, *ossos planos*, *ossos pneumáticos*, *ossos irregulares*, *ossos curtos* e *ossos sesamóides*. *(ver Figura 5.13)*

Acidentes ósseos (características de superfície) 127

2. Os **acidentes ósseos** (ou *características de superfície*) podem ser utilizados para identificar saliências, depressões e aberturas ósseas específicas. A terminologia comum para a identificação de acidentes ósseos é apresentada na *Tabela 5.1. (ver Figura 5.14)*

Integração com outros sistemas 130

1. O sistema esquelético é anatômica e fisiologicamente ligado a outros sistemas do corpo e representa um reservatório de cálcio, fosfato e outros minerais.

REVISÃO DO CAPÍTULO

Para respostas às questões da Revisão dos Conceitos e Revisão do Capítulo, veja a seção de Respostas na parte final do livro.

Nível 1 – Revisão de fatos e termos

1. Que tipo de célula é capaz de se dividir para produzir novos osteoblastos?
   (a) osteócito
   (b) célula osteoprogenitora
   (c) osteoblasto
   (d) osteoclasto

2. A substância esponjosa do osso é formada por:
   (a) osteonas
   (b) traves e placas
   (c) lamelas concêntricas
   (d) apenas espículas

3. A unidade funcional básica da substância óssea compacta madura é:
   (a) a osteona
   (b) o canalículo
   (c) a lamela
   (d) o canal central

4. A ossificação endocondral inicia-se com a formação de:
   (a) um modelo de tecido conectivo fibroso
   (b) um modelo de cartilagem hialina
   (c) um modelo de membrana
   (d) um modelo de osso calcificado

5. Quando a produção de hormônio sexual aumenta, a velocidade de produção de osso:
   (a) diminui
   (b) aumenta drasticamente
   (c) aumenta lentamente
   (d) não é afetada

6. A presença de uma linha epifisial indica:
   (a) a cessação do crescimento epifisial
   (b) o início do crescimento epifisial
   (c) o início do crescimento ósseo em diâmetro
   (d) uma fratura do osso neste local

7. A alteração do processo de ossificação que ocorre no envelhecimento é denominada:
   (a) osteopenia
   (b) osteomielite
   (c) osteíte
   (d) osteoporose

8. O processo de ampliação em diâmetro de um osso em desenvolvimento é denominado:
   (a) crescimento aposicional da superfície externa
   (b) crescimento intersticial dentro da matriz
   (c) crescimento lamelar
   (d) crescimento haversiano

9. O esterno é um exemplo de:
   (a) osso plano
   (b) osso longo
   (c) osso irregular
   (d) osso sesamóide

10. A pequena projeção rugosa de um osso é denominada:
    (a) ramo
    (b) tuberosidade
    (c) trocanter
    (d) espinha

Nível 2 – Revisão de conceitos

1. De que forma a diminuição de moléculas orgânicas em relação a componentes inorgânicos na matriz óssea afeta as características físicas de um osso?
   (a) o osso se tornaria menos flexível
   (b) o osso se tornaria mais resistente
   (c) o osso se tornaria mais quebradiço
   (d) o osso se tornaria mais flexível

2. O fechamento precoce das cartilagens epifisiais pode ser causado por:
   (a) elevação dos níveis de hormônio sexual
   (b) elevação dos níveis de vitamina C
   (c) diminuição dos níveis de hormônio paratireóideo
   (d) elevação dos níveis de hormônio do crescimento

3. Que fatores determinam o tipo de ossificação que ocorre em um osso específico?

4. Que eventos sinalizam a finalização do crescimento longitudinal de um osso longo?

5. Quais são as vantagens da substância esponjosa em relação à substância compacta em áreas como as das terminações expandidas de um osso longo?

6. Como um osso cresce em diâmetro?

7. Por que uma área reparada de osso é menos suscetível a novas fraturas no mesmo local sob impactos de natureza semelhante?

8. Por que uma dieta pobre em nutrientes prejudica a reparação de um osso fraturado?

9. Que propriedades são consideradas para se distinguir um osso sesamóide de um osso sutural?

10. Compare e diferencie os processos de ossificação e calcificação.

Nível 3 – Pensamento crítico

1. Uma criança pequena cai de uma bicicleta e fratura um braço. O osso é reposicionado e se reconstitui bem. Após a remoção do gesso, uma saliência óssea pode ser observada no local da fratura. Depois de alguns meses, essa saliência desaparece, e o braço readquire aspecto normal. O que ocorreu durante o processo de reparação?

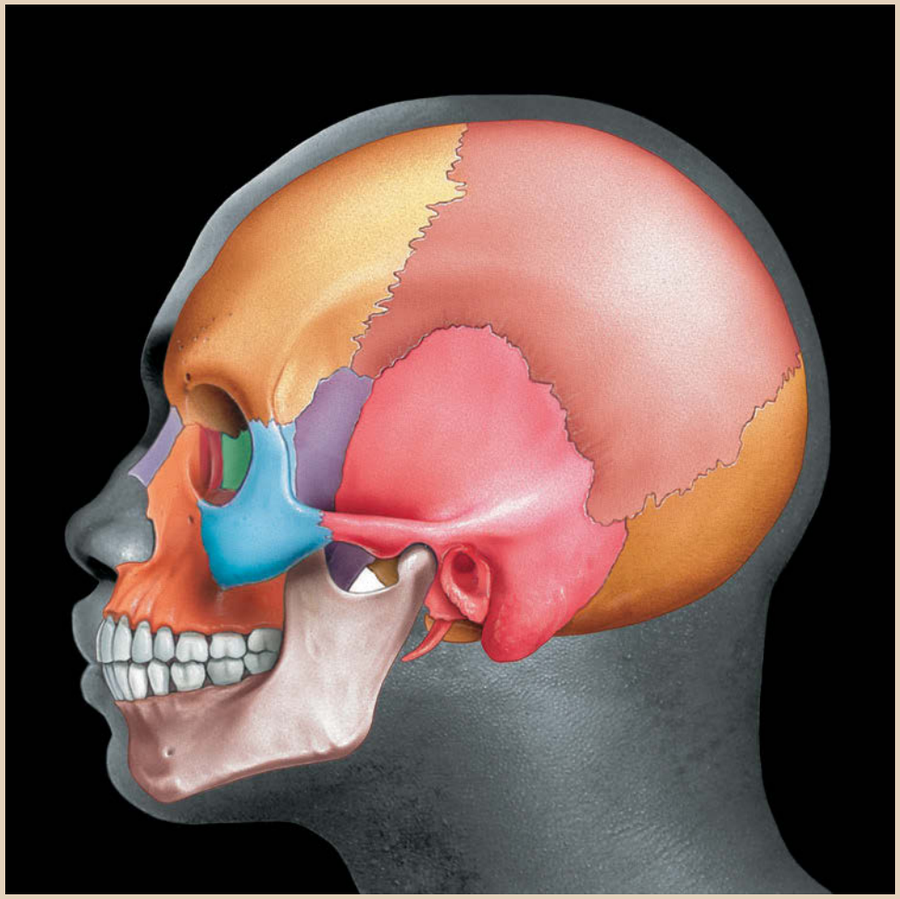
2. A maioria das crianças que sofre fratura óssea de membro superior ou inferior apresenta a chamada fratura em galho verde. Este tipo de fratura é bastante raro em adultos. Explique a razão desta diferença.

3. Com o envelhecimento, os ossos quebram-se mais facilmente, muitas vezes em razão de movimentos considerados normais, como em torções leves ou ao levantar-se repentinamente de uma cadeira. Por que este tipo de fratura é tão comum em idosos? A atividade de que tipo de célula óssea está envolvida nestes casos? De que forma estas condições podem ser melhoradas?

6

O Sistema Esquelético

Esqueleto Axial



Introdução 134

O crânio e ossos associados 135

Crânios de bebês, crianças e adultos 158

A coluna vertebral 158

O esqueleto do tórax (caixa torácica) 168

OBJETIVOS DO CAPÍTULO:

1. Identificar os ossos do esqueleto axial e suas funções.
2. Identificar os ossos do crânio e explicar a importância das estruturas nos ossos individuais.
3. Localizar e descrever as principais estruturas do crânio.
4. Descrever a estrutura do complexo nasal e as funções dos seus elementos individuais.
5. Descrever os ossos associados ao crânio e discutir suas funções.
6. Demonstrar as diferenças estruturais entre crânios de bebês, crianças e adultos.
7. Descrever a estrutura geral da coluna vertebral.
8. Identificar e descrever as curvaturas da coluna vertebral e suas funções.
9. Identificar e descrever as partes de uma vértebra típica.
10. Identificar os grupos vertebrais e descrever as diferenças entre eles em termos estruturais e funcionais.
11. Descrever as características e os referenciais anatômicos em uma costela típica e ser capaz de diferenciar costelas verdadeiras de falsas.
12. Explicar a importância das articulações das vértebras torácicas, das costelas e do esterno.

As características básicas do esqueleto humano têm sido configuradas por meio do processo evolutivo; entretanto, pelo fato de não haver dois indivíduos que apresentem a mesma combinação de características como idade, dieta, padrão de atividade física e níveis hormonais, os ossos de cada indivíduo também apresentam características únicas. Conforme discutido no Capítulo 5, os ossos são continuamente remodelados e reformatados, e o esqueleto modifica-se ao longo da vida. Exemplos incluem a modificação nas proporções que ocorre durante a puberdade e a gradual osteoporose característica do envelhecimento. Este capítulo oferece outros exemplos da natureza dinâmica do esqueleto humano, como as modificações de forma da coluna vertebral que ocorrem em função da transição entre o engatinhar e a marcha (andar).

O sistema esquelético é dividido em esqueleto *apendicular* e esqueleto *axial*; os componentes do esqueleto axial são mostrados em amarelo e azul na **Figura 6.1**. O sistema esquelético inclui 206 ossos, além de cartilagens associadas. O **esqueleto axial** é constituído pelos ossos do crânio, tórax e

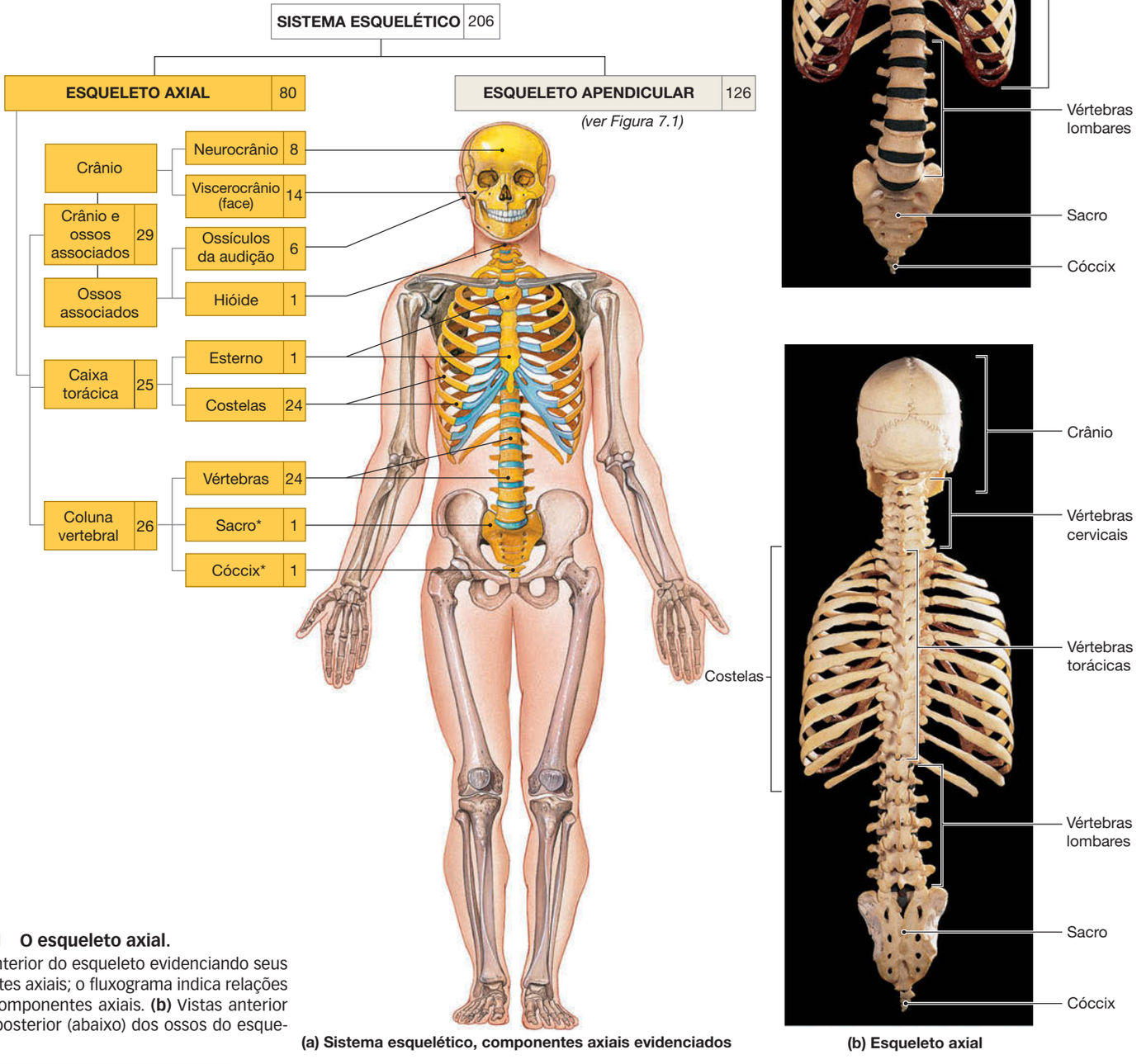


Figura 6.1 O esqueleto axial.
(a) Vista anterior do esqueleto evidenciando seus componentes axiais; o fluxograma indica relações entre os componentes axiais. **(b)** Vistas anterior (acima) e posterior (abaixo) dos ossos do esqueleto axial.

* N. de R.T. Em realidade, o sacro e o cóccix também estão constituídos por vértebras que se fundem.

coluna vertebral. Estes elementos formam o eixo longitudinal do corpo. Existem 80 ossos no esqueleto axial, aproximadamente 40% dos ossos do corpo humano. Os componentes axiais incluem:

- o **crânio** (22 ossos),
- os ossos associados ao crânio (6 ossículos da audição e 1 osso hióide),
- a **coluna vertebral** (24 vértebras, 1 sacro e 1 cóccix) e
- a **caixa torácica** (24 costelas e 1 esterno).

O esqueleto axial funciona como um arcabouço estrutural de sustentação e proteção para os órgãos nas cavidades anteriores do corpo. Ele contém órgãos sensoriais para gustação, olfação, visão, audição e equilíbrio. Além disso, oferece uma área extensa para a inserção de músculos que (1) ajustam a posição da cabeça, do pescoço e do tronco, (2) realizam movimentos respiratórios e (3) estabilizam ou posicionam estruturas do esqueleto apendicular. As articulações do esqueleto axial permitem movimento limitado, mas são muito resistentes e em geral reforçadas por ligamentos. Finalmente, algumas partes do esqueleto axial, incluindo parte das vértebras, esterno e costelas, assim como muitos ossos longos do esqueleto apendicular, contêm medula óssea vermelha para a produção de células sangüíneas.

Este capítulo descreve a estrutura anatômica do esqueleto axial, e começaremos com o crânio. Antes de seguir adiante, você pode achar útil revisar os referenciais de direção descritos nas Tabelas 1.1 e 1.2, ∞ págs. 15,16 bem como a terminologia apresentada na Tabela 5.1. ∞ pág. 128 Os outros 126 ossos do esqueleto humano constituem o **esqueleto apendicular**. Esta divisão inclui os ossos dos membros, do **cíngulo do membro superior** e do **cíngulo do membro inferior**, que unem os membros ao tronco. O esqueleto apendicular será estudado no Capítulo 7.

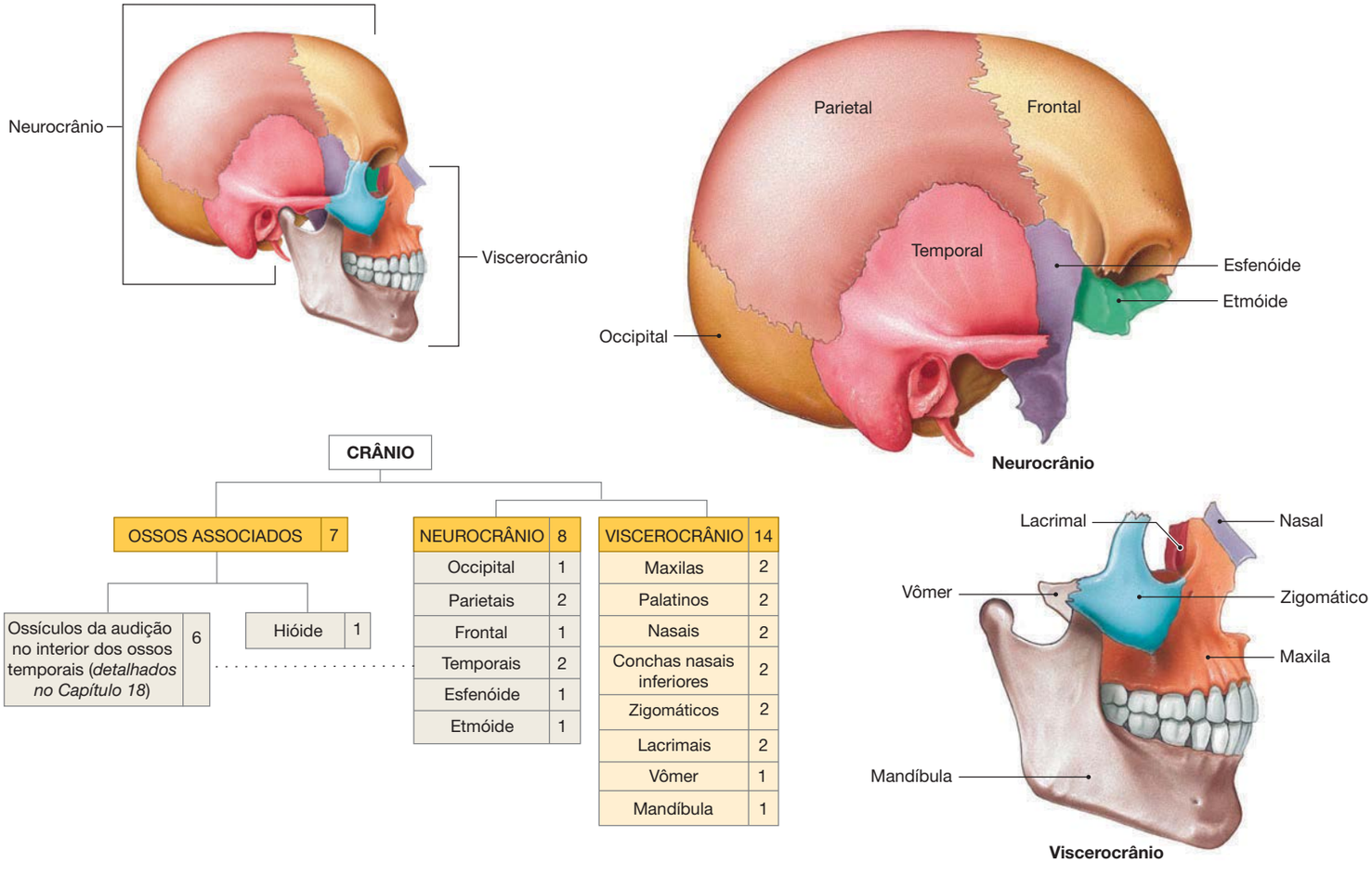
O crânio e ossos associados

[Figuras 6.2 a 6.7a]

O crânio contém 22 ossos: 8 formam a "*caixa craniana*", e 14 estão associados com a face (Figuras 6.2 a 6.5).

O crânio envolve e protege o encéfalo. É composto pelos ossos *occipital*, *parietais*, *frontal*, *temporais*, *esfenóide* e *etmóide*. Esses ossos cranianos compõem a **cavidade do crânio**, uma câmara preenchida por líquido que amortece e sustenta o encéfalo. Vasos sangüíneos, nervos e membranas que estabilizam a posição do encéfalo estão aderidos à superfície interna do crânio. Sua superfície externa oferece uma extensa área para inserção de músculos que movimentam os olhos, a mandíbula e a cabeça. Uma articulação especializada entre o osso occipital e a primeira vértebra cervical estabiliza a posição do crânio junto à coluna vertebral, permitindo movimentos relativamente amplos da cabeça.

Se o crânio for comparado a uma casa que abriga o encéfalo, na mesma analogia, o *complexo facial* corresponderia à grade de proteção ou ao

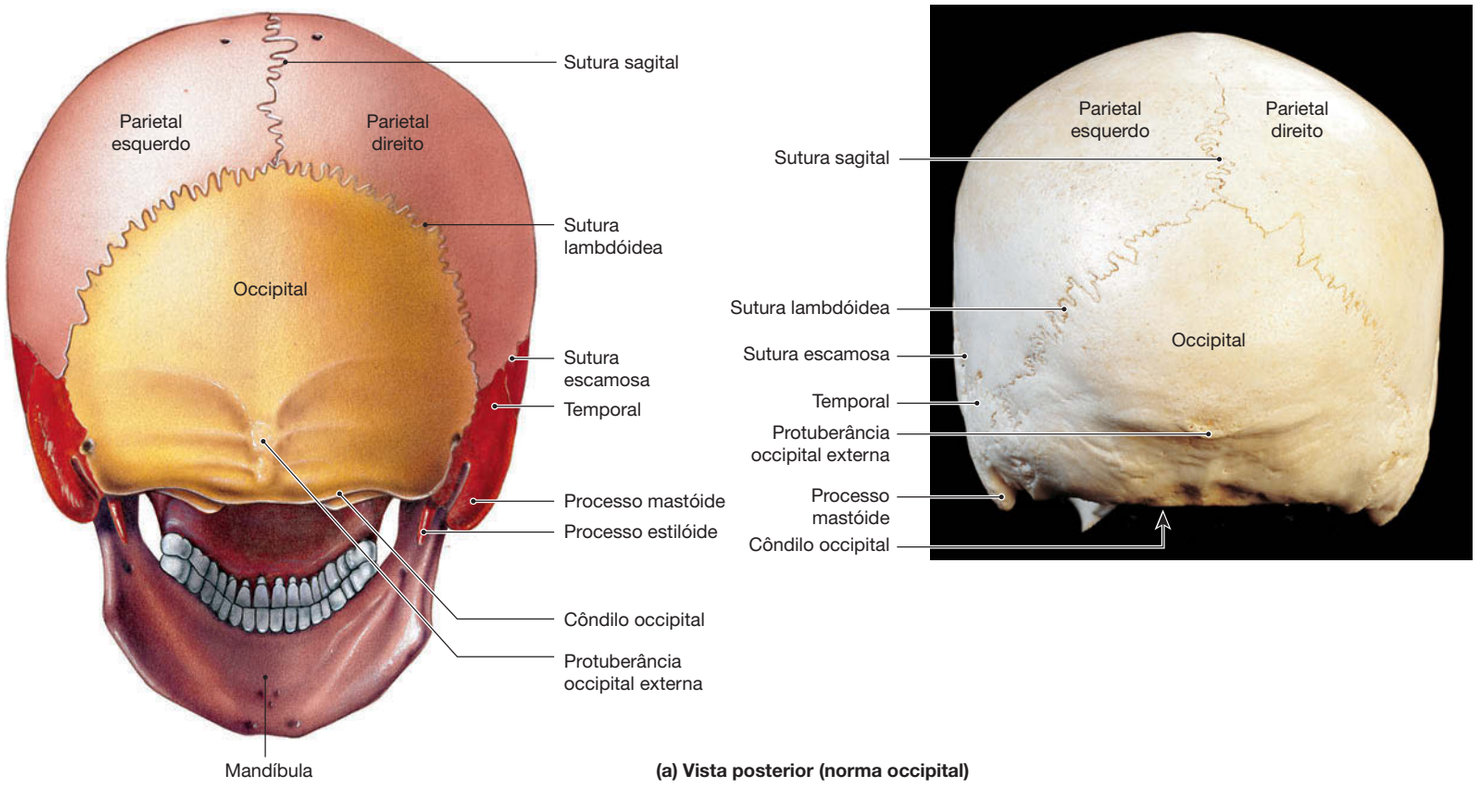


CRÂNIO	
OSSOS ASSOCIADOS	7
Ossículos da audição no interior dos ossos temporais (*detalhados no Capítulo 18*)	6
Hióide	1

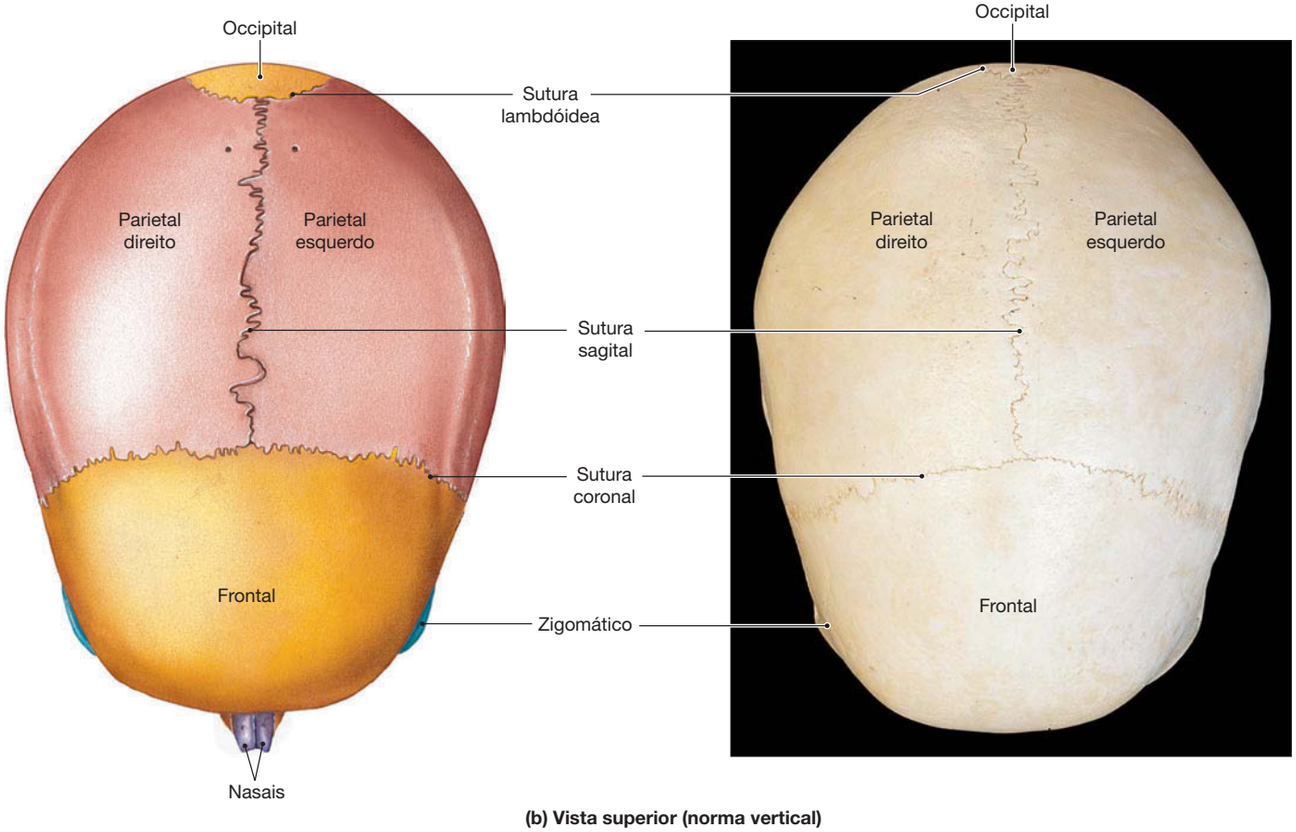
NEUROCRÂNIO	8
Occipital	1
Parietais	2
Frontal	1
Temporais	2
Esfenóide	1
Etmóide	1

VISCEROCRÂNIO	14
Maxilas	2
Palatinos	2
Nasais	2
Conchas nasais inferiores	2
Zigomáticos	2
Lacrimais	2
Vômer	1
Mandíbula	1

Figura 6.2 Subdivisões do crânio: neurocrânio e viscerocrânio (ossos da face).
O crânio pode ser dividido em neurocrânio e viscerocrânio. Os ossos palatinos e as conchas nasais inferiores do viscerocrânio não são visíveis nesta perspectiva. Os sete ossos associados não estão demonstrados.

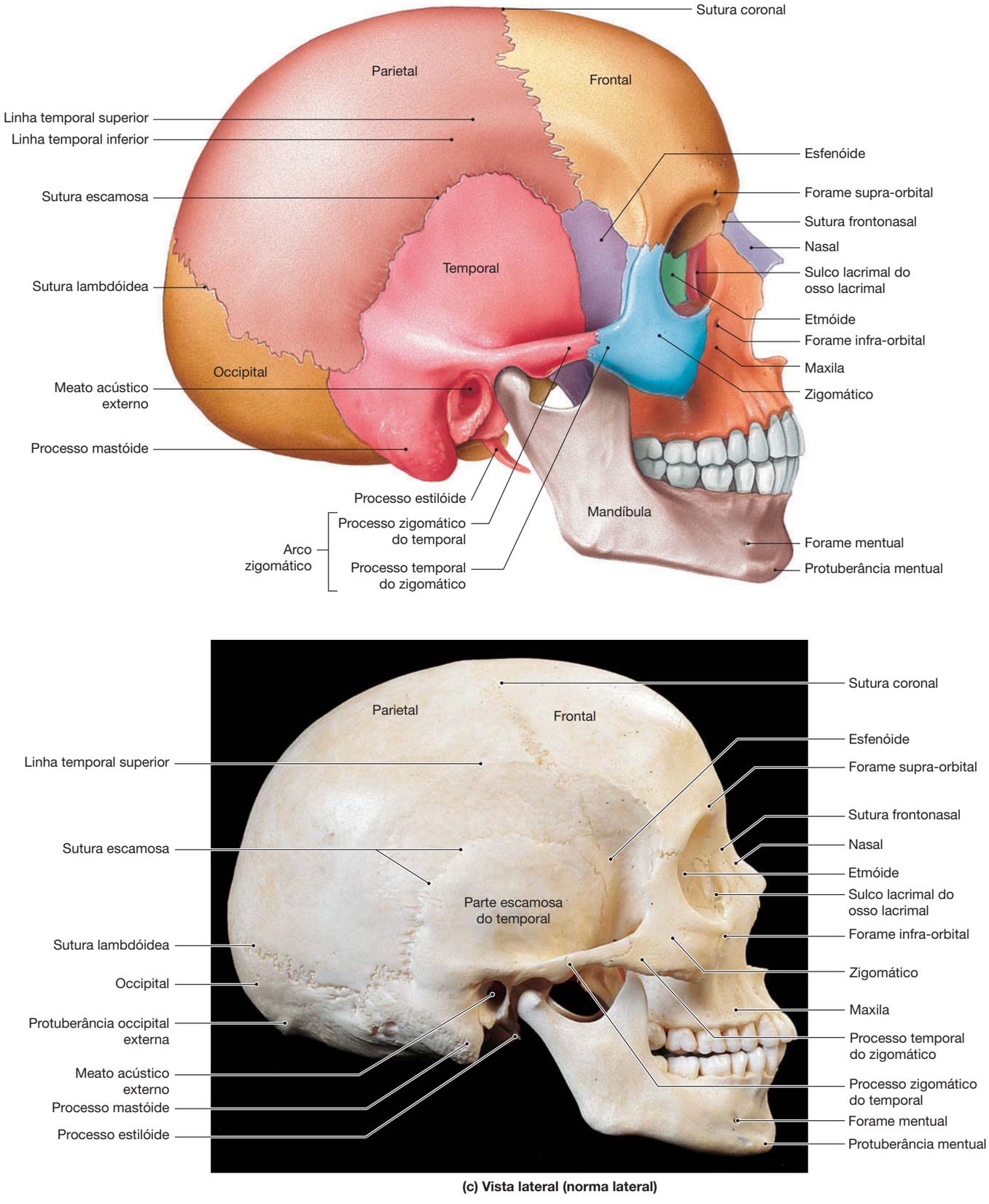


(a) Vista posterior (norma occipital)



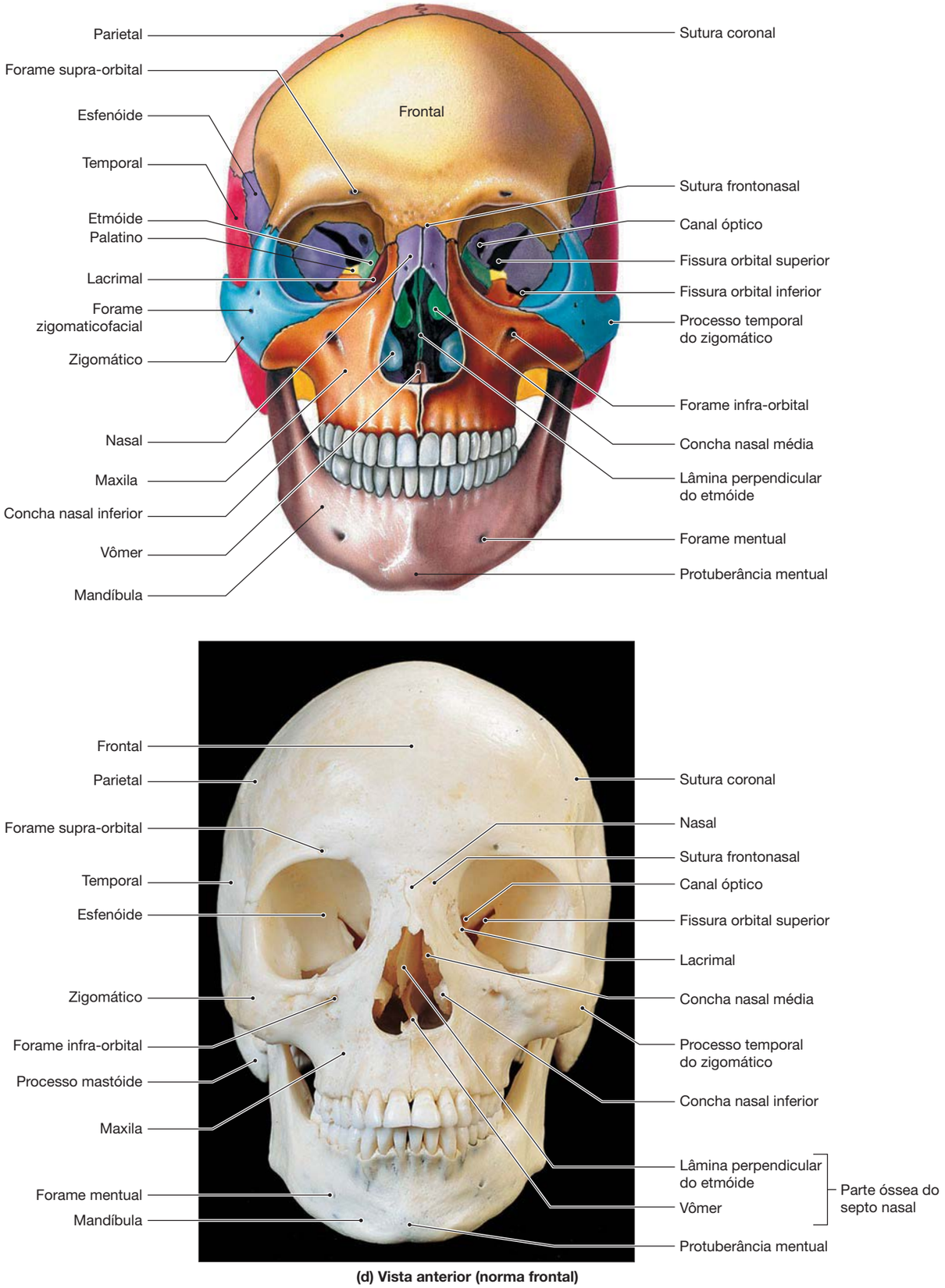
(b) Vista superior (norma vertical)

Figura 6.3 Crânio adulto.
Os ossos de um crânio adulto são demonstrados em **(a)** vista posterior, **(b)** vista superior, **(c)** vista lateral, **(d)** vista anterior e **(e)** vista inferior.



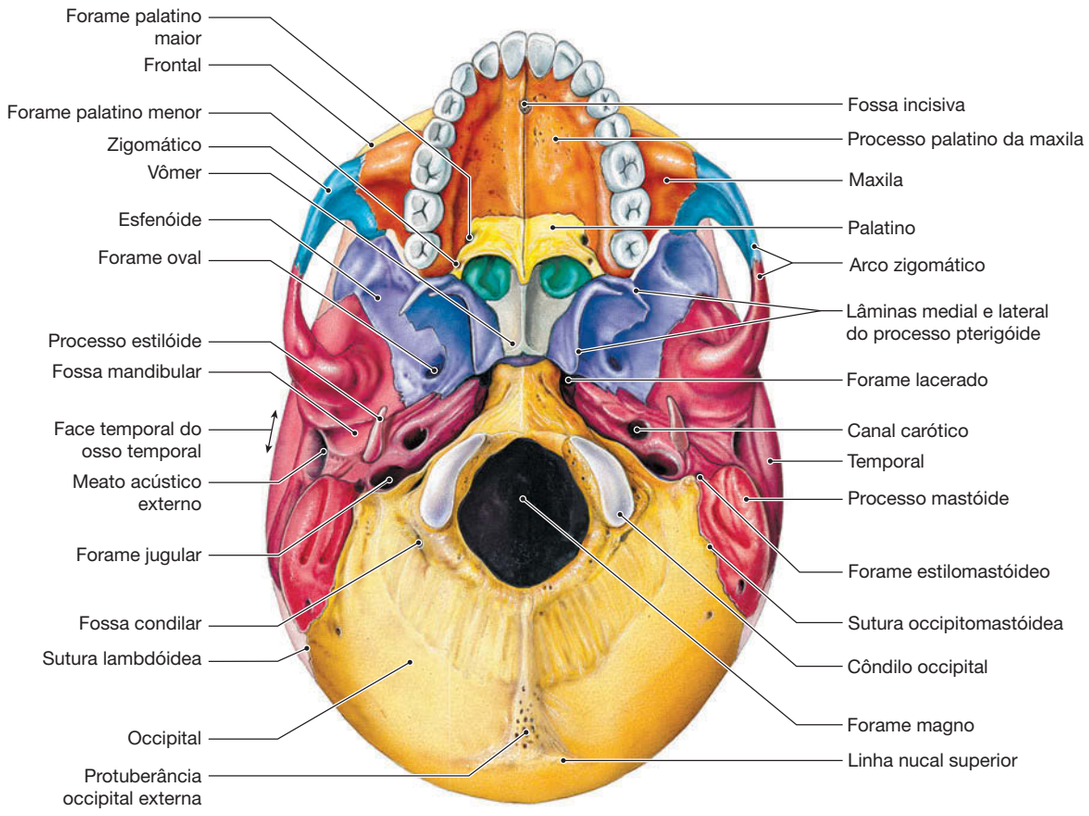
(c) Vista lateral (norma lateral)

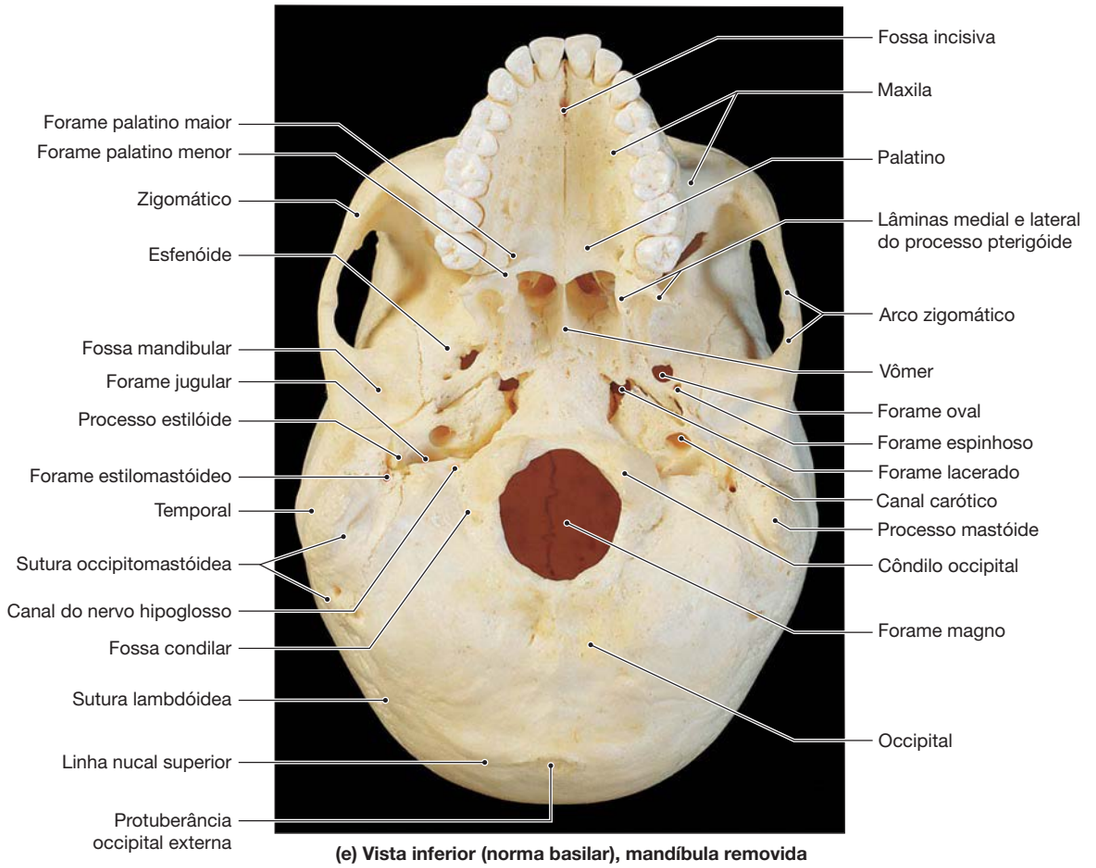
Figura 6.3 (***continuação***).



(d) Vista anterior (norma frontal)

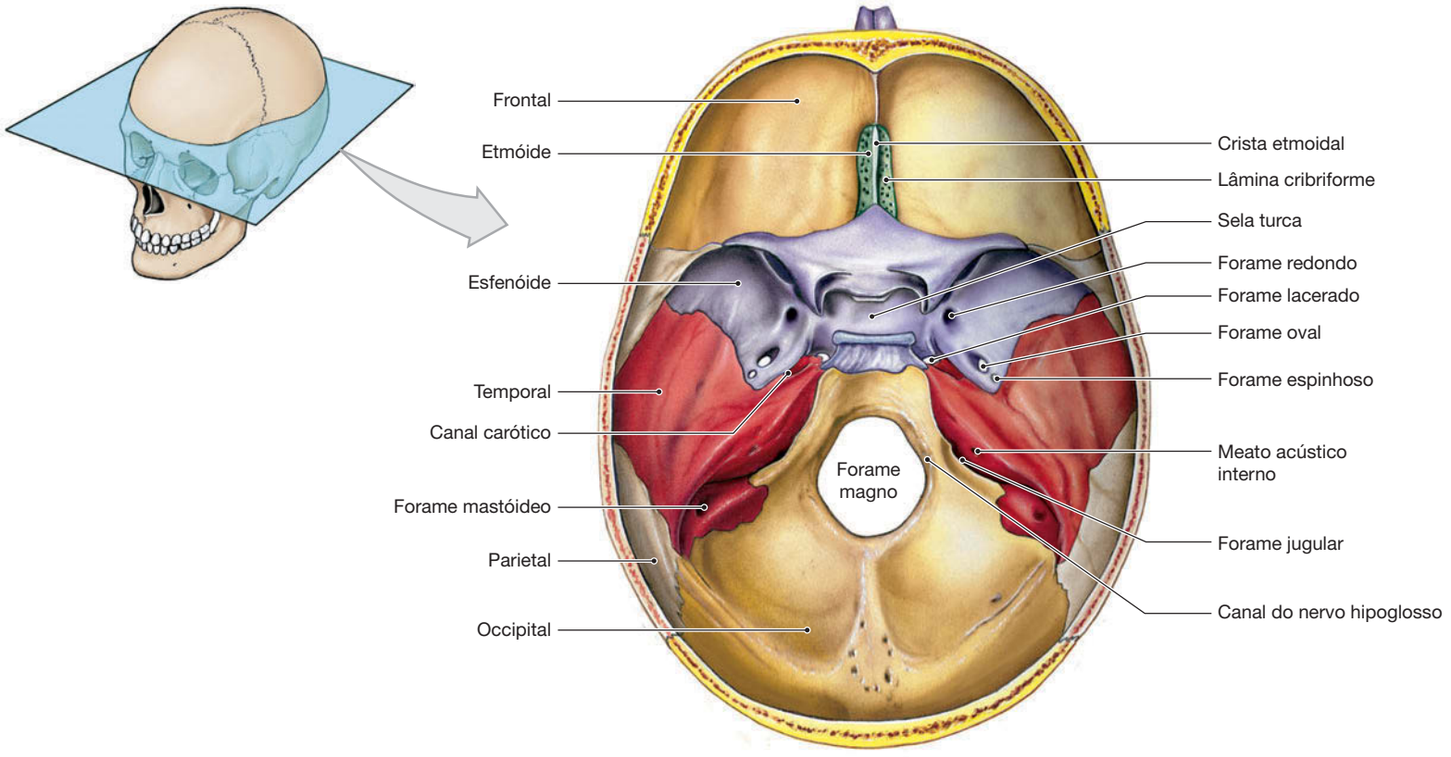
Figura 6.3 (***continuação***).

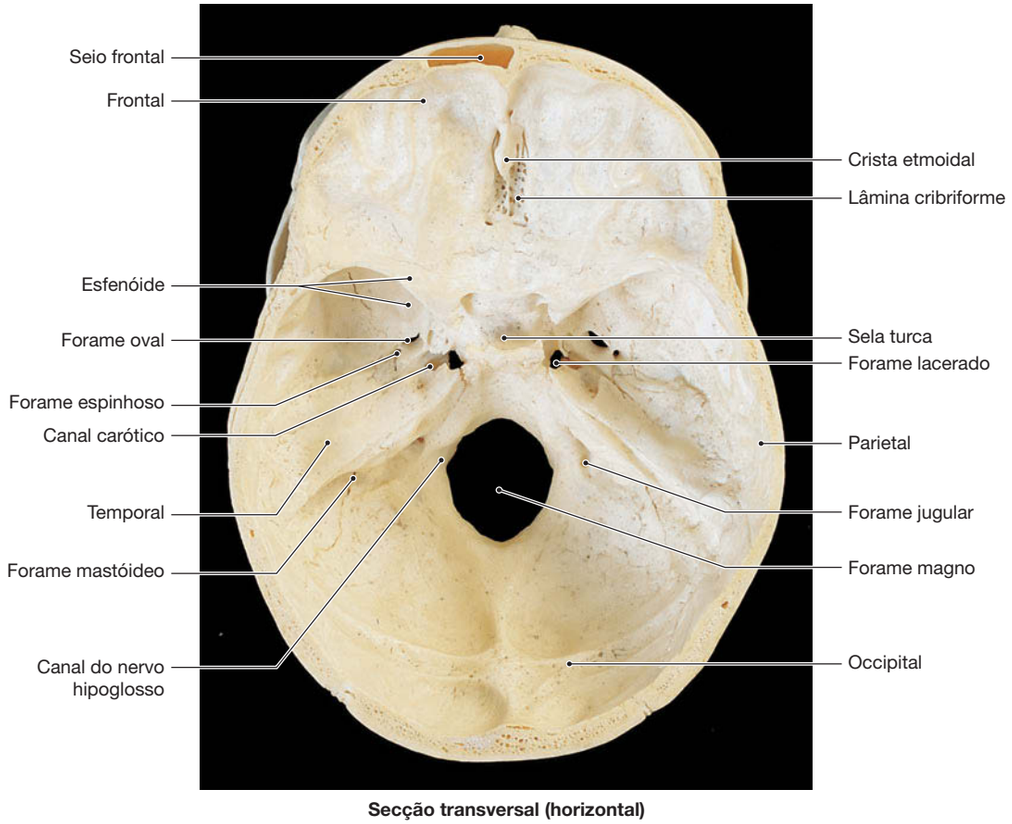




(e) Vista inferior (norma basilar), mandíbula removida

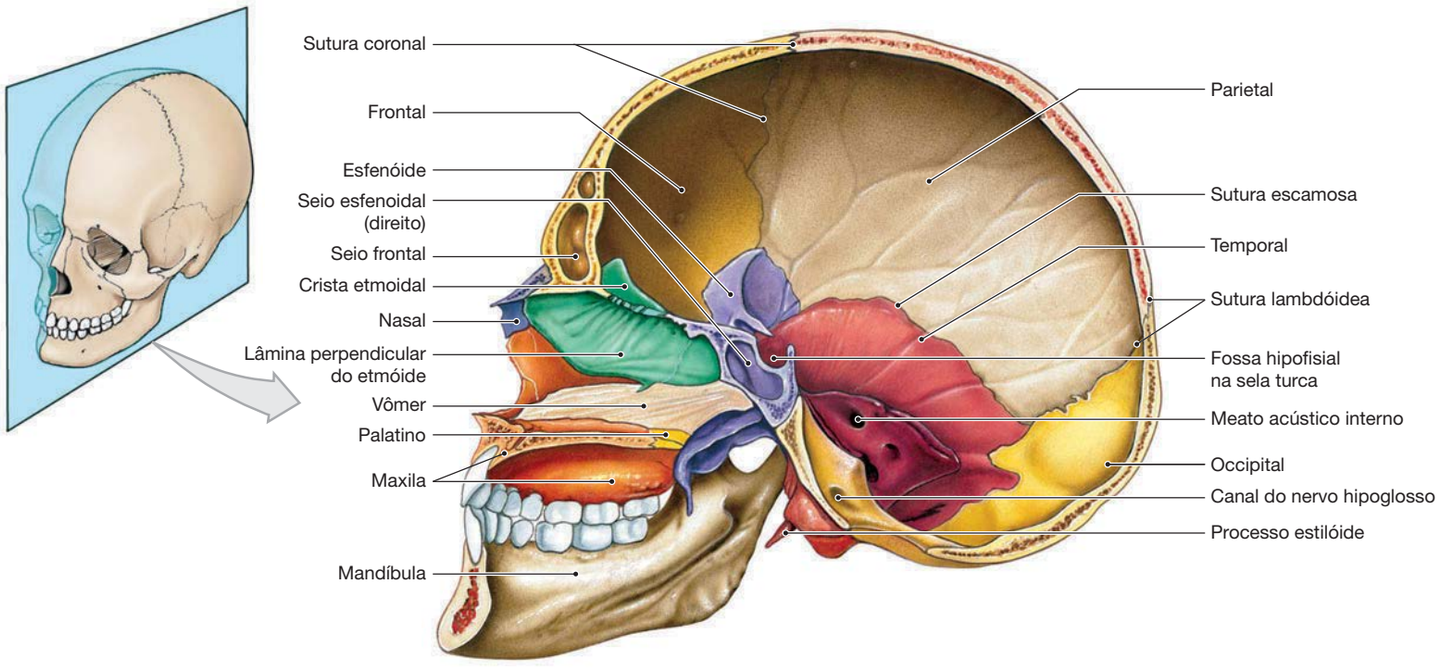
Figura 6.3 (***continuação***).

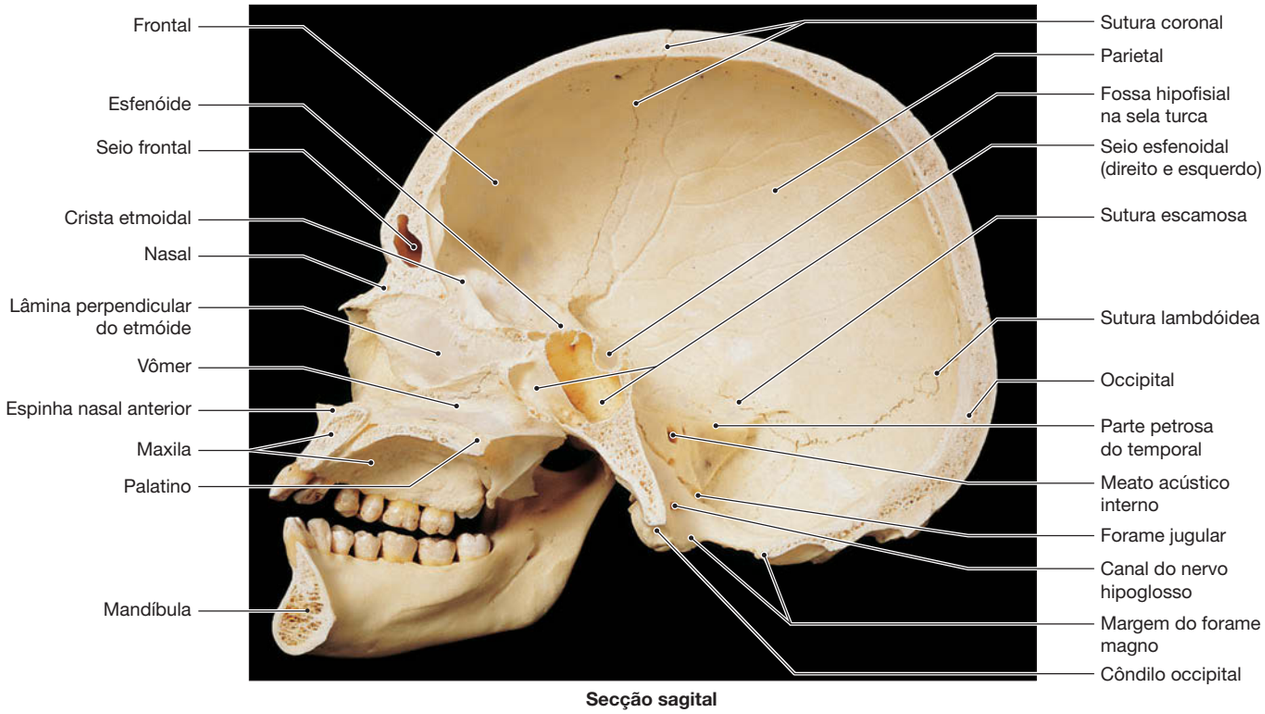




Secção transversal (horizontal)

Figura 6.4 Anatomia seccional do crânio, parte I.
Secção transversal: vista superior mostrando os principais referenciais anatômicos na base interna da cavidade do crânio.





Secção sagital

Figura 6.5 Anatomia seccional do crânio, parte II.
Secção sagital: vista medial da metade direita do crânio. Como a parte óssea do septo nasal está intacta, a cavidade nasal direita não pode ser visualizada.

portão de entrada. Os **ossos da face** contêm e protegem as entradas para os sistemas digestório e respiratório. Os ossos superficiais da face – *maxilas, palatinos, nasais, zigomáticos, lacrimais, vômer* e *mandíbula* (Figura 6.2) – oferecem áreas para inserção de músculos que são responsáveis pela expressão facial e movimentação do alimento.

As margens (limites) dos ossos do crânio estão unidas por meio de articulações fixas, denominadas **suturas**. Nas suturas, os ossos unem-se firmemente por meio de tecido conectivo fibroso denso. A cada uma das suturas do crânio é atribuído um nome, mas o importante neste momento é conhecer apenas cinco suturas principais: a *lambdóidea*, a *sagital*, a *coronal*, a *escamosa* e a *frontonasal*.

- **Sutura lambdóidea.** A **sutura lambdóidea** perfaz trajeto em arco na superfície posterior do crânio (Figura 6.3a, pág. 136), separando o *osso occipital* dos *ossos parietais*. Um ou mais **ossos suturais** (*ossos wormianos*) podem ser encontrados ao longo desta sutura; eles variam em tamanho, entre um grão de areia e uma moeda. pág. 126
- **Sutura sagital.** A **sutura sagital** inicia-se no ponto mediano da sutura lambdóidea e estende-se anteriormente entre os ossos parietais até a sutura coronal (Figura 6.3b).
- **Sutura coronal.** Anteriormente, a sutura sagital termina na intersecção com a sutura coronal. A **sutura coronal** cruza a superfície superior do crânio, separando o *osso frontal* (anterior) dos ossos parietais (posteriores) (Figura 6.3b). Os ossos occipital, parietais e frontal formam a **calvária**, também denominada "*calota craniana*".
- **Sutura escamosa.** Uma **sutura escamosa** em cada superfície lateral do crânio marca os limites entre o *osso temporal* e o osso parietal. As suturas escamosas podem ser vistas na Figura 6.3a, onde interceptam a sutura lambdóidea. O trajeto da sutura escamosa do lado direito do crânio pode ser visualizado na Figura 6.3c.
- **Sutura frontonasal.** A **sutura frontonasal** é o limite superior dos ossos nasais com o osso frontal (Figura 6.3c,d).

Ossos do crânio [Figuras 6.3 a 6.5]

Consideraremos agora cada um dos ossos do crânio. Conforme dermos prosseguimento ao estudo, utilize as figuras, com o objetivo de desenvolver uma perspectiva tridimensional dos ossos isolados. Cristas e forames que se encontram descritos correspondem a inserções musculares ou a passagens de nervos e vasos sangüíneos que serão estudados em capítulos posteriores. As Figuras 6.3, 6.4 e 6.5 apresentam crânios adultos em vista superficial e em secções.

Osso occipital [Figuras 6.3a-c,e/6.6a,b]

O **osso occipital** integra as superfícies posterior, laterais e inferior do crânio (Figura 6.3a-c,e). A superfície inferior do occipital contém uma grande abertura circular, o **forame magno** (Figura 6.3e), que comunica a cavidade do crânio ao canal vertebral da coluna vertebral. Nos **côndilos occipitais** adjacentes, o crânio articula-se com a primeira vértebra cervical. A superfície externa do osso occipital (Figura 6.6a) apresenta algumas cristas proeminentes. A **crista occipital externa** estende-se posteriormente, a partir do forame magno, e termina em uma saliência mediana, denominada **protuberância occipital externa**. Duas linhas interceptam a crista occipital externa: a **linha nucal superior** e a **linha nucal inferior**. Essas linhas correspondem a inserções de músculos e ligamentos que estabilizam a articulação entre a primeira vértebra cervical e o crânio, por meio dos côndilos occipitais, equilibrando o peso da cabeça sobre as vértebras do pescoço. O osso occipital forma parte da parede do **forame jugular** (Figura 6.3e). A *veia jugular interna* passa através desse forame e drena o sangue venoso do encéfalo. Os **canais do nervo hipoglosso** iniciam-se na base lateral de cada côndilo occipital (Figura 6.6a). Os *nervos hipoglossos*, nervos cranianos que inervam os músculos da língua, passam através desses canais.

Dentro do crânio, os canais do nervo hipoglosso iniciam-se na superfície interna do osso occipital, próximo ao forame magno (Figura 6.6b). Note que a superfície interna côncava do osso occipital acompanha o contorno do encéfalo. As reentrâncias acompanham o trajeto dos principais vasos e as cristas marcam regiões de fixação de membranas (*meninges*) que estabilizam e protegem o encéfalo.

Ossos parietais [Figuras 6.3b-c/6.5/6.6c]

O par de **ossos parietais** compõe as superfícies superior e laterais do crânio e forma a maior parte da calvária (Figura 6.3b,c). A superfície externa de cada osso parietal (Figura 6.6c) apresenta um par de saliências ou linhas, a **linha temporal superior** e a **linha temporal inferior**. Essas linhas marcam a inserção do *músculo temporal* e da fáscia temporal. Esse é um grande músculo que atua na elevação da mandíbula (fechamento da boca). A superfície parietal lisa, superior a essas linhas, é denominada **túber parietal**. As superfícies internas dos ossos parietais apresentam irregularidades, impressões de veias e artérias que se ramificam dentro da cavidade do crânio (Figura 6.5).

Osso frontal [Figuras 6.3b-d/6.5/6.7]

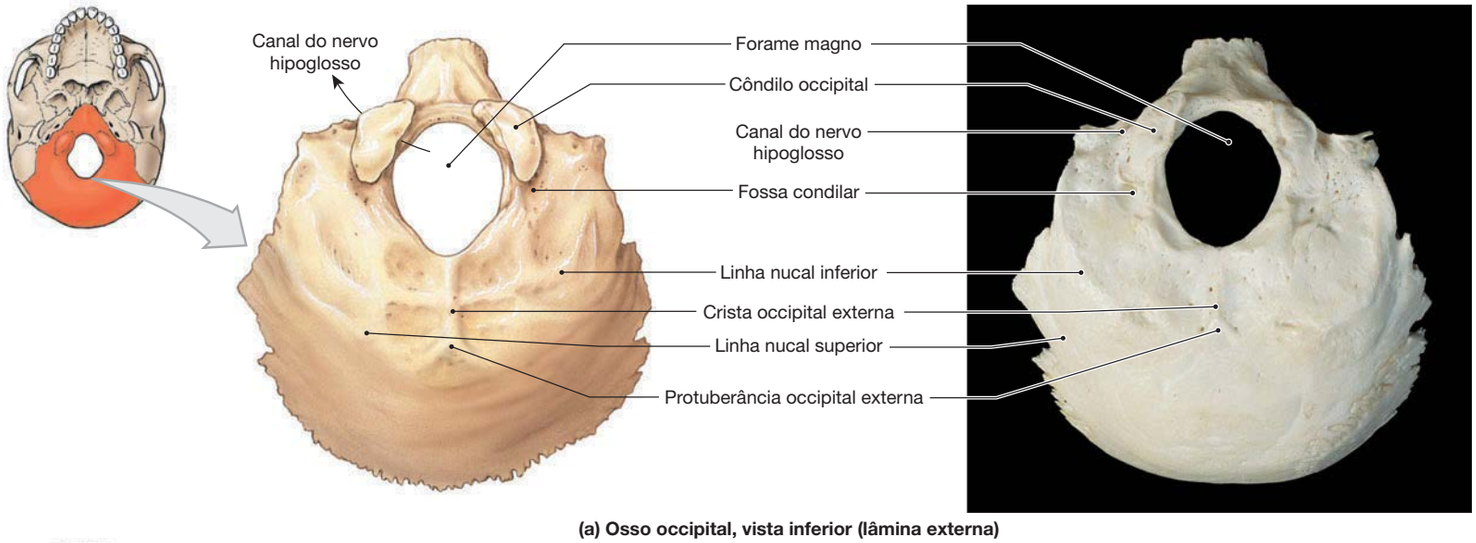
O **osso frontal** forma a fronte ("testa") e o teto da órbita (Figura 6.3b-d). Ao longo do desenvolvimento, os ossos do crânio formam-se pela fusão de centros de ossificação distintos e, ao nascimento, as fusões ainda não se completaram. Nesta ocasião, há dois ossos frontais que se articulam por meio da **sutura frontal** (*metópica*). Embora esta sutura costume desaparecer com a fusão dos ossos por volta dos 8 anos de idade, o osso frontal de um adulto freqüentemente mantém resquícios da linha sutural.

A sutura frontal, ou o remanescente desta, dirige-se inferiormente no centro da **escama frontal** (Figura 6.7a). Esta é a superfície convexa anterior do osso frontal e constitui a fronte ("testa"). As superfícies laterais contêm continuações anteriores das linhas temporais. A parte anterior do osso frontal termina na **margem supra-orbital** que marca o limite superior da órbita, o recesso ósseo que sustenta e protege o bulbo do olho. Acima da margem supra-orbital estão saliências espessas, os **arcos superciliares**, que sustentam as sobrancelhas. O centro de cada margem é perfurado por um único **forame** ou **incisura supra-orbital**.

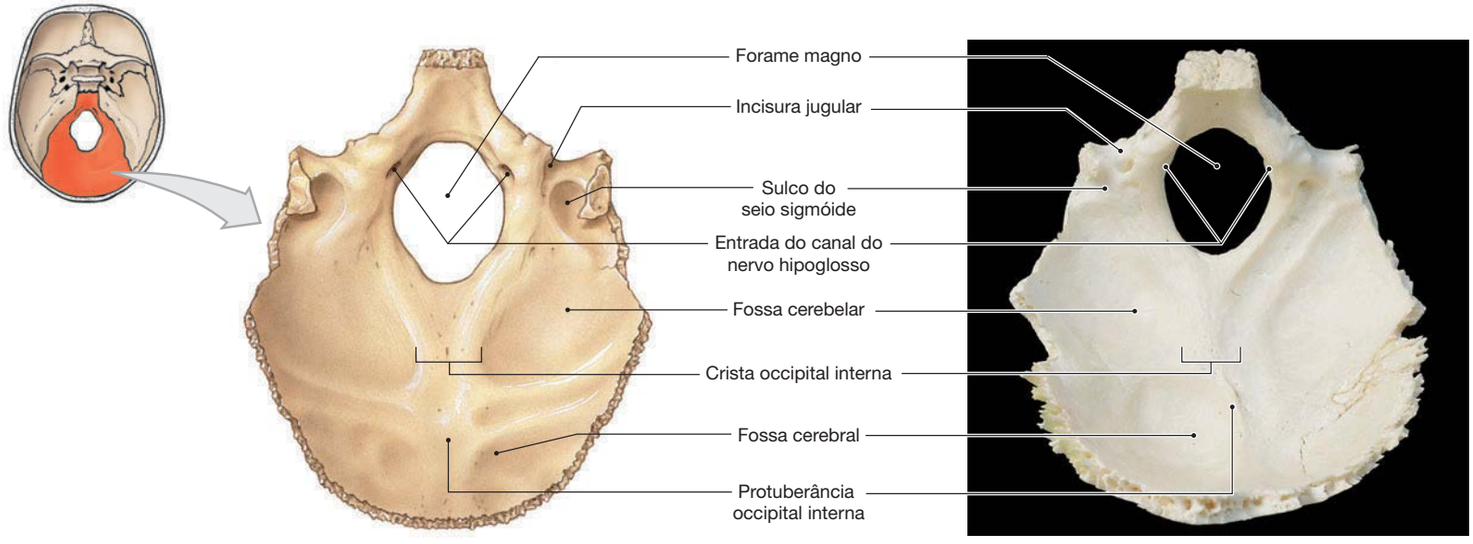
A **parte orbital** do osso frontal forma o soalho rugoso para apoio do encéfalo e o teto da órbita, cuja superfície é relativamente lisa, mas contém pequenas aberturas para vasos e nervos que se dirigem para ou a partir de estruturas na órbita. Esta é geralmente denominada *face orbital* do osso frontal. A rasa **fossa da glândula lacrimal** marca a localização desta *glândula* que lubrifica a superfície do olho (Figura 6.7b).

A superfície interna do osso frontal se adapta grosseiramente ao formato da parte anterior do encéfalo (Figura 6.7c). A superfície interna da escama frontal apresenta uma proeminente **crista frontal**, a qual serve para fixação de membranas que, entre outras funções, evitam o contato direto entre o delicado tecido encefálico e os ossos do crânio.

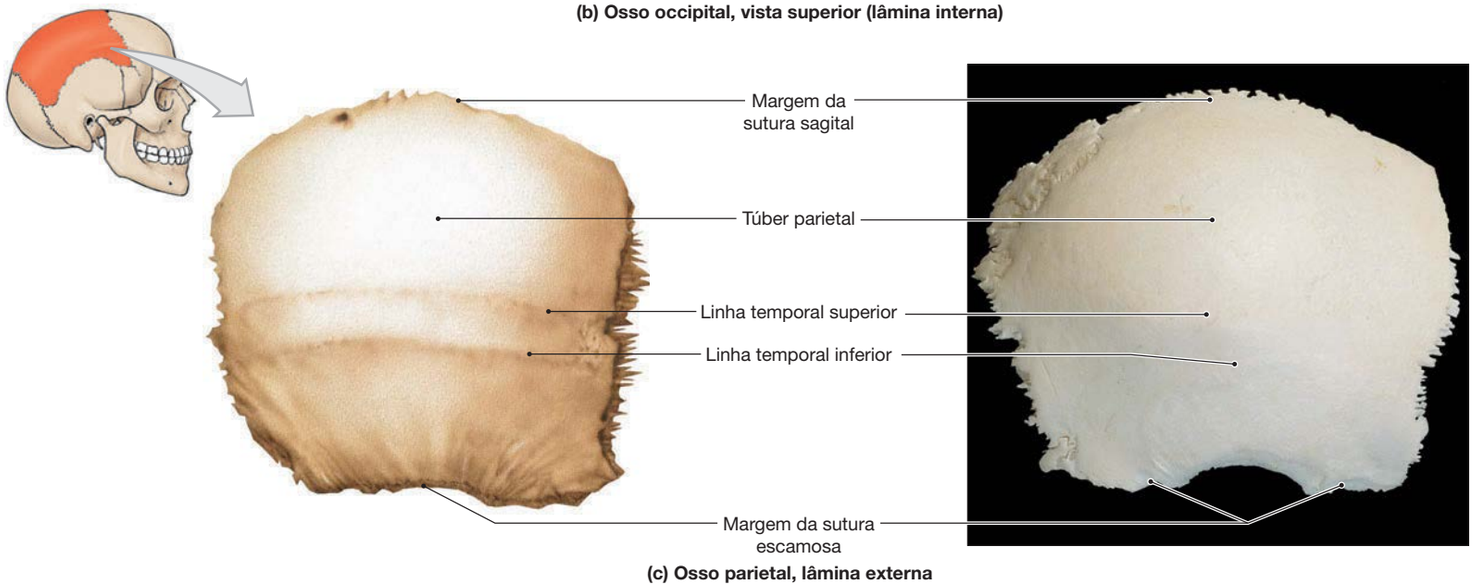
O **seio frontal** (Figuras 6.5 e 6.7b) varia em tamanho e em período de surgimento. Ele geralmente se desenvolve após os 6 anos de idade, mas algumas pessoas nunca o desenvolvem totalmente. O seio frontal e outros seios paranasais serão descritos posteriormente.



(a) Osso occipital, vista inferior (lâmina externa)

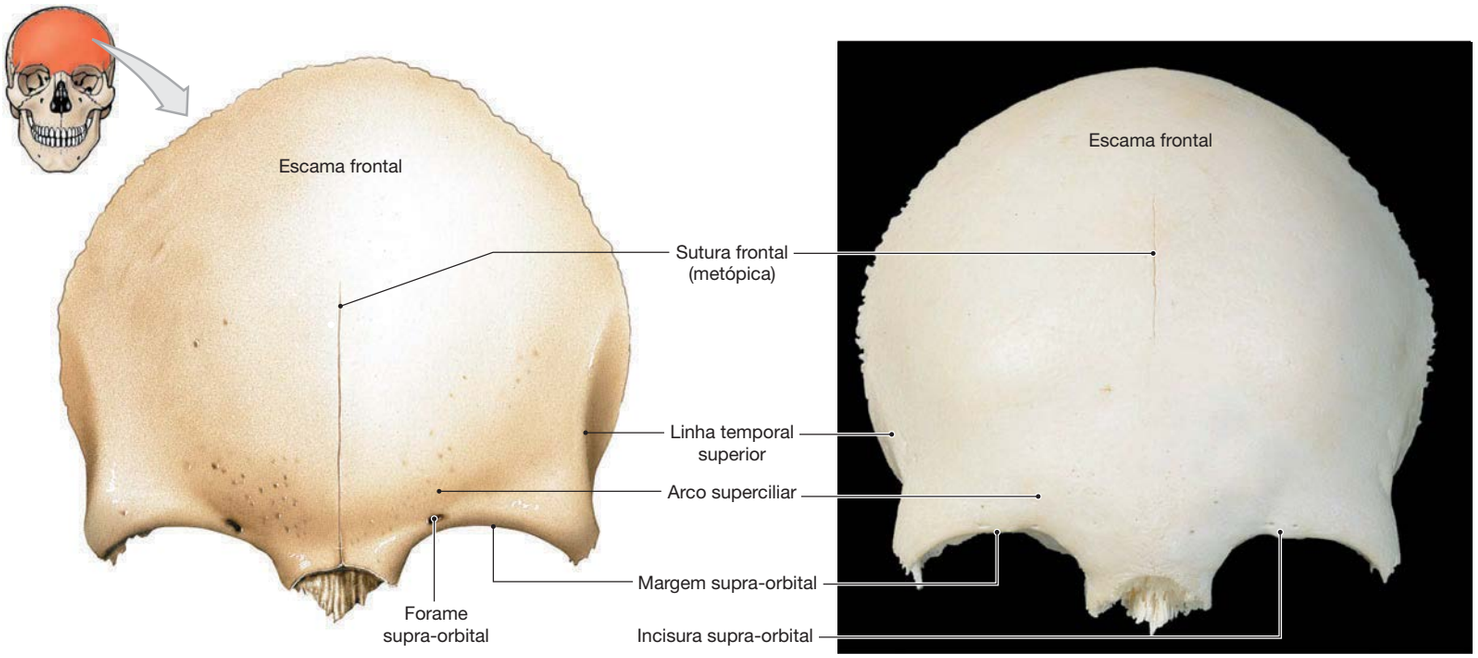


(b) Osso occipital, vista superior (lâmina interna)

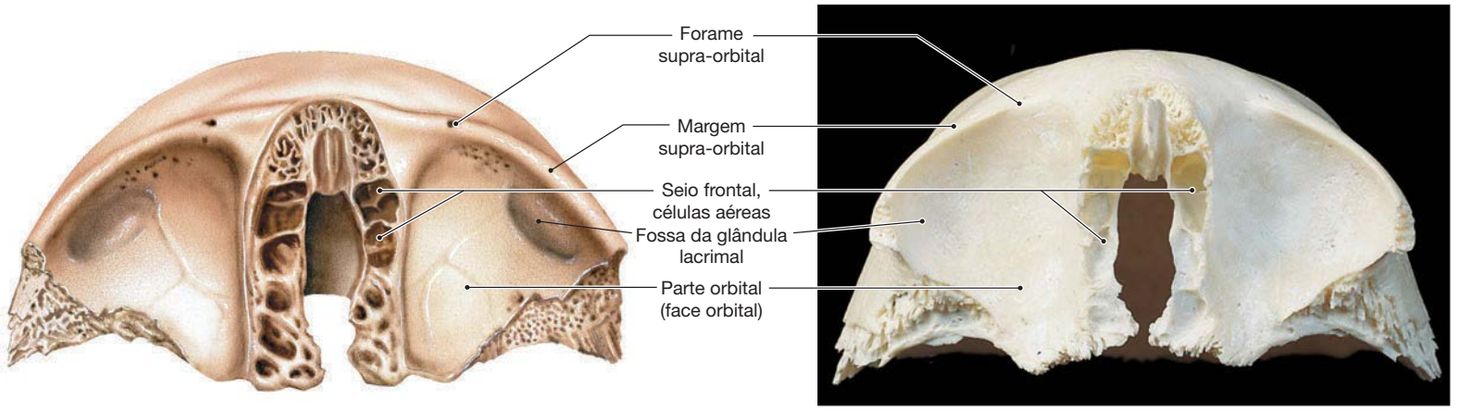


(c) Osso parietal, lâmina externa

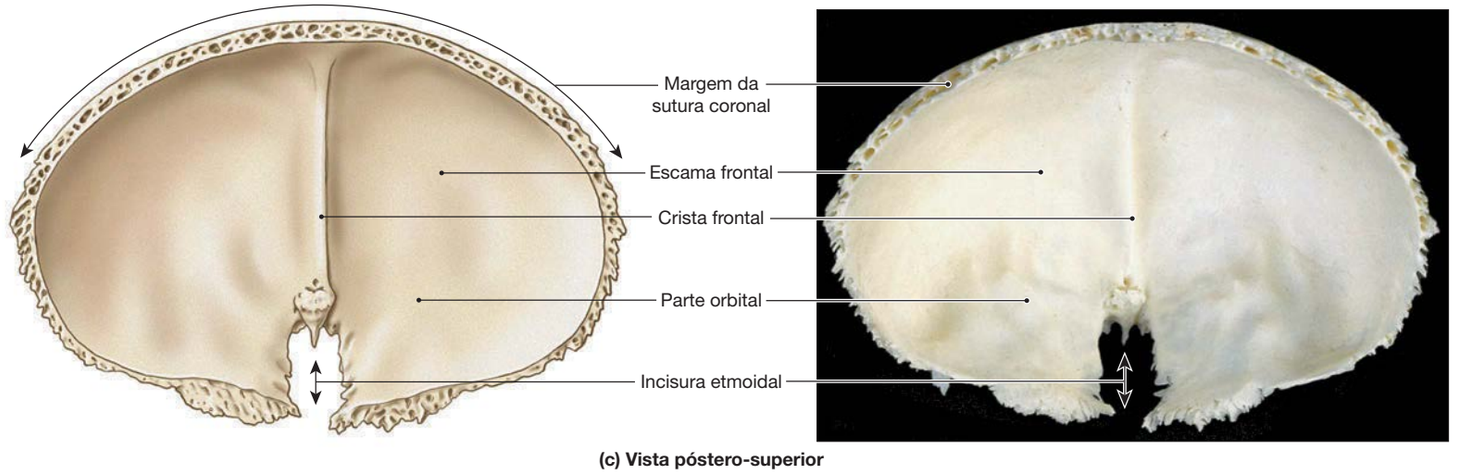
Figura 6.6 Os ossos occipital e parietal.
O osso occipital é apresentado em vista **(a)** inferior (lâmina externa) e **(b)** superior (lâmina interna). **(c)** Vista lateral (lâmina externa) do osso parietal direito; para vista medial, *ver Figura 6.5*.



(a) Vista anterior (lâmina externa)



(b) Vista inferior



(c) Vista póstero-superior

Figura 6.7 O osso frontal.
O osso frontal é apresentado em **(a)** vista anterior, **(b)** vista inferior e **(c)** vista póstero-superior (cavidade do crânio).

Ossos temporais [Figuras 6.3c-e/6.8]

O par de **ossos temporais** compõe parte das paredes lateral e inferior do crânio; contribui para a formação do *arco zigomático*; forma as únicas articulações com a mandíbula; e protege os órgãos sensoriais na orelha interna. Além disso, a superfície convexa, inferior a cada osso parietal, constitui uma ampla área para inserção de músculos que elevam a mandíbula e movimentam a cabeça (**Figura 6.3c**, pág. 137). Os ossos temporais articulam-se com os ossos zigomáticos, parietais, occipital, esfenóide e mandíbula. Cada osso temporal apresenta partes timpânica, escamosa e petrosa.

A **parte escamosa** do osso temporal é a superfície lateral que acompanha a margem da sutura escamosa (**Figura 6.8a,d**). A superfície externa da parte escamosa é a *face temporal*; a superfície interna côncava, cuja curvatura acompanha a superfície do encéfalo, é a "*face cerebral*". A margem inferior da parte escamosa é formada pelo **processo zigomático**. O processo zigomático curva-se lateralmente e anteriormente para se articular com o **processo temporal** do *osso zigomático*. Juntos, esses processos formam o **arco zigomático**. Inferiormente à base do processo zigomático, o osso temporal articula-se com a mandíbula. Uma depressão denominada **fossa mandibular** e uma elevação denominada **tubérculo articular** constituem essa região de articulação (**Figura 6.8a,c**).

Póstero-lateralmente à fossa mandibular, está a **parte timpânica** do osso temporal (**Figura 6.8b**). Essa parte limita o **meato acústico externo**. Em indivíduos vivos, este canal termina em uma delicada **membrana timpânica**, que se desintegra na preparação de crânios secos (maceração).

A maior parte do osso temporal é a **parte petrosa** (*petros*, pedra). A parte petrosa circunda e protege os órgãos do sentido da audição e do

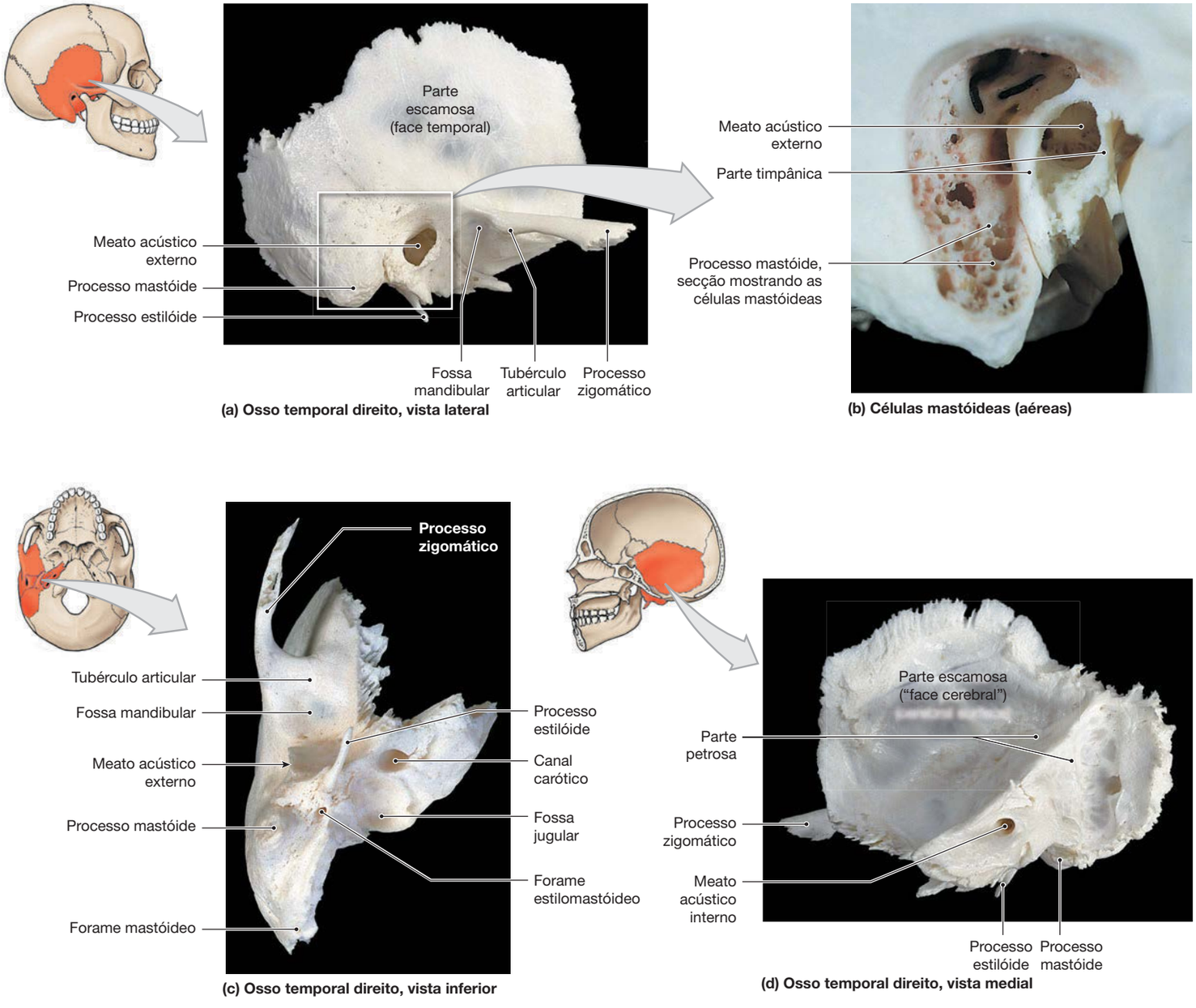


Figura 6.8 O osso temporal.
Os principais referenciais anatômicos são mostrados no osso temporal direito: **(a)** vista lateral, **(b)** vista em secção das células mastóideas (aéreas), **(c)** vista inferior e **(d)** vista medial.

equilíbrio. Na superfície lateral, a elevação póstero-inferior ao meato acústico externo é o **processo mastóide** (Figura 6.8a-c). Esse processo constitui uma superfície de inserção para músculos que rodam e estendem a cabeça. Numerosas cavidades intercomunicantes, denominadas *células mastóideas*, estão contidas no processo mastóide (Figura 6.8b). Infecções no sistema respiratório podem disseminar-se para essas células preenchidas por ar, e este processo infeccioso é denominado *mastoidite*.

Outros referenciais anatômicos na parte petrosa do osso temporal podem ser observados na sua superfície inferior (Figura 6.8c). Próximo à base do processo mastóide, o **forame mastóideo** penetra o osso temporal. Vasos sangüíneos fazem trajeto através desta passagem para alcançar as membranas que circundam o encéfalo. Ligamentos que sustentam o osso hióide, assim como músculos da língua, faringe e laringe*, fixam-se no **processo estilóide** (*stylos*, pilar). O **forame estilomastóideo** localiza-se posteriormente à base do processo estilóide. O *nervo facial* passa através desse forame para inervar os músculos da face. Medialmente, a **fossa jugular** é limitada pelos ossos occipital e temporal (Figura 6.3e, pág. 139). Ântero-medialmente ao forame jugular, encontra-se a abertura externa do **canal carótico**. A *artéria carótida interna*, a principal artéria que fornece suprimento sangüíneo ao encéfalo, penetra no crânio através desta passagem. Ântero-medialmente ao canal carótico, uma abertura de margens irregulares, o **forame lacerado** (*lacerare*, rasgar), estende-se entre os ossos occipital e temporal. Em indivíduos vivos, este espaço contém cartilagem hialina e pequenas artérias que suprem a superfície interna do crânio.

Látero-anteriormente ao canal carótico, o osso temporal se articula com o osso esfenóide. Um pequeno canal inicia-se nesta articulação e termina dentro da massa do osso temporal (Figura 6.8c). Este é o *canal musculotubário*, que circunda a **tuba auditiva**, uma passagem preenchida por ar. A tuba auditiva, também conhecida como "*trompa de Eustáquio*", ou "*tuba faringotimpânica*", inicia-se na parte nasal da faringe e termina na **cavidade timpânica**, uma câmara aérea situada dentro do osso temporal. A cavidade timpânica, ou *orelha média*, contém os **ossículos da audição**. Estes pequenos ossos transferem vibrações sonoras da membrana timpânica até o complexo receptor na orelha interna, que propicia o sentido da audição.

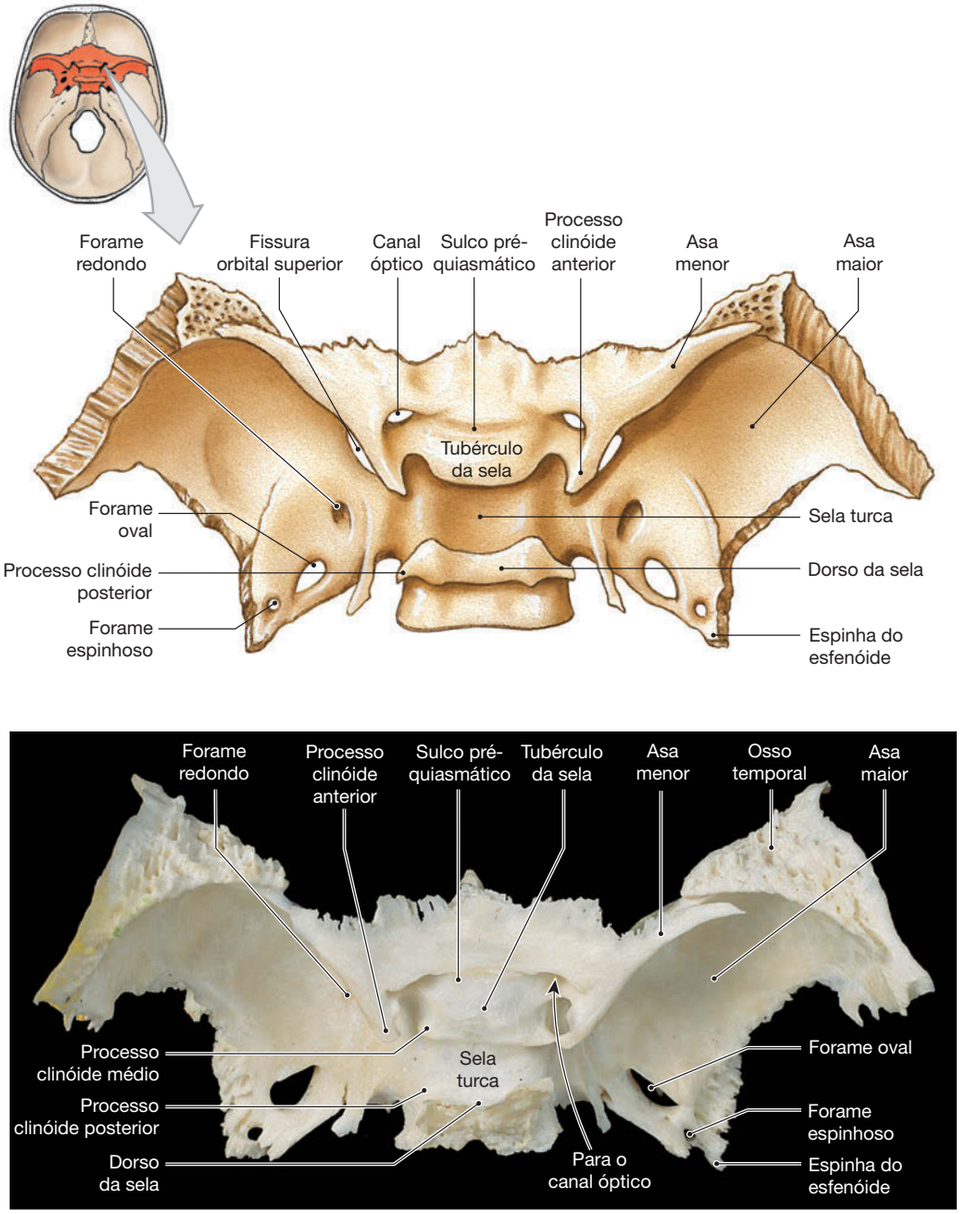
A parte petrosa domina a superfície medial do osso temporal (Figura 6.8d). O **meato acústico interno** permite a passagem de vasos sangüíneos e nervos à orelha interna, e o nervo facial ao forame estilomastóideo. Toda a superfície medial do osso temporal é marcada com depressões que indicam a localização dos vasos sangüíneos que passam ao longo da superfície interna do crânio. A proeminente elevação na superfície interna, a margem superior da parte petrosa, marca a fixação de uma projeção de meninge que contribui para a estabilização do encéfalo.

* N. de R.T. Não existe, normalmente, um músculo extrínseco da laringe inserindo-se no processo estilóide.

Esfenóide [Figuras 6.3c-e/6.4/6.9]

O **esfenóide** articula-se com todos os ossos do neurocrânio e estende-se de um lado a outro, cruzando a base do crânio. Apesar de ser relativamente grande, o esfenóide está encoberto por ossos mais superficiais. Este osso atua como uma ponte, unindo os ossos do neurocrânio aos ossos da face; articula-se com os ossos do neurocrânio: frontal, parietais, occipital, etmóide e temporais, além dos seguintes ossos do complexo facial: palatinos, zigomáticos, maxilas e vômer (Figura 6.3c-e, págs. 137-139). O osso esfenóide age também como uma escora de sustentação, fortalecendo as laterais do crânio. O **corpo** constitui a porção central deste osso.

A forma geral do osso esfenóide pode ser comparada ao formato de um grande morcego de asas abertas. As asas podem ser mais bem observadas em vista superior da base interna do crânio (Figuras 6.4 e 6.9a). Uma proeminente depressão no centro do corpo, entre as asas, abriga a hipófise, na região inferior do encéfalo. Esse recesso é denominado **fossa hipofisial**



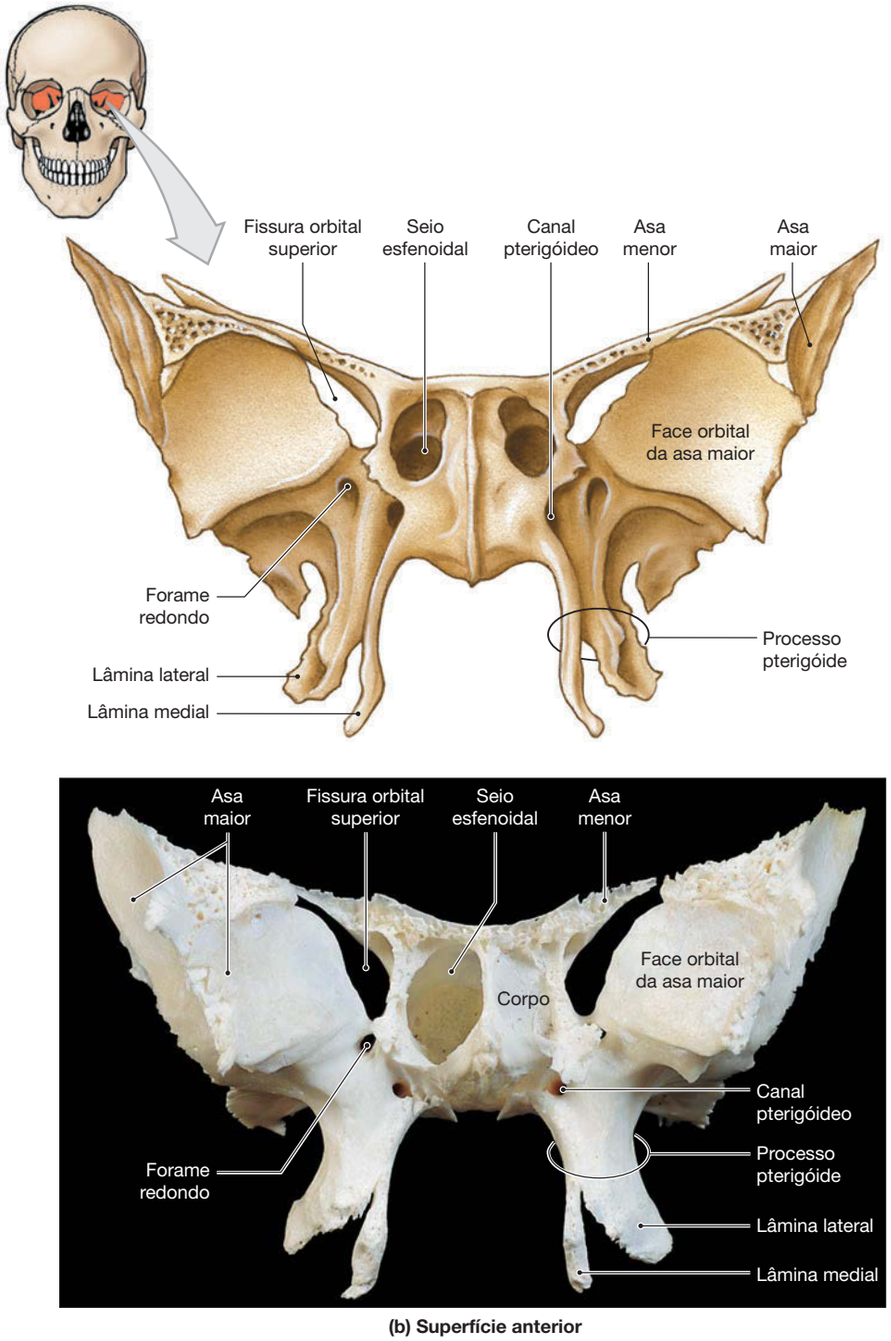
(a) Superfície superior

Figura 6.9 O esfenóide.
Vistas do esfenóide mostrando os principais referenciais anatômicos na **(a)** vista superior e **(b)** vista anterior.

e o invólucro ósseo é chamado de **sela turca**, uma vez que, supostamente, assemelha-se a uma sela de equitação de origem turca. Um cavaleiro montado na sela turca poderia tocar os **processos clinóides anteriores**. Os processos clinóides anteriores são projeções das **asas menores** do esfenóide. O **tubérculo da sela** forma a margem anterior da sela turca; o **dorso da sela** constitui sua margem posterior. Os **processos clinóides posteriores** se estendem lateralmente em ambos os lados do dorso da sela. As asas menores apresentam formato triangular, com a superfície superior sustentando parte do lobo frontal do cérebro. A superfície inferior forma parte da órbita e limita a **fissura orbital superior**, que dá passagem a vasos sangüíneos e nervos cranianos do olho.

A depressão transversa que cruza a região anterior da sela, superiormente à fossa hipofisial, é denominada **sulco pré-quiasmático**. Em cada terminação lateral desse sulco encontram-se os **canais ópticos**. Os *nervos ópticos* que conduzem informação visual dos olhos até o encéfalo fazem trajeto através desses canais. De cada lado da sela turca os **forames redondos**, os **forames ovais** e os **forames espinhosos** perfuram as **asas maiores** do esfenóide. Esses forames dão passagem a vasos sangüíneos e nervos cranianos para estruturas da órbita, face, mandíbula e maxila. Póstero-lateralmente a esses forames, as asas maiores terminam em uma projeção aguda, a **espinha do esfenóide**. As fissuras orbitais superiores e os forames redondos direito e esquerdo também podem ser observados na vista anterior (Figura 6.9b).

Os **processos pterigóides** (*pterigion*, asa) do esfenóide são projeções verticais que se estendem a partir do limite entre a asa maior e a asa menor. Cada processo forma um par de *lâminas* que são importantes regiões de inserção para músculos que movimentam a mandíbula e o palato mole. Na base de cada processo pterigóide, o **canal pterigóideo** oferece passagem para um pequeno nervo e uma artéria que suprem o palato mole e estruturas adjacentes.



(b) Superfície anterior

Figura 6.9 (*continuação*).

Etmóide [Figuras 6.3d/6.4/6.5/6.10]

O **etmóide** é um osso de formato irregular que forma parte da órbita (Figura 6.3d, pág. 138), o soalho ântero-medial da cavidade do crânio (Figura 6.4, pág. 140), o teto da cavidade nasal e parte do septo nasal (Figura 6.5, pág. 141). O etmóide apresenta três partes: a *lâmina cribriforme*, o *labirinto etmoidal* e a *lâmina perpendicular* (Figura 6.10).

A superfície superior do etmóide (Figura 6.10a) contém a **lâmina cribriforme**, área perfurada pelos *forames da lâmina cribriforme*. Estas aberturas oferecem passagem para os filamentos dos *nervos olfatórios*, que viabilizam o sentido do olfato. Uma crista proeminente, a **crista etmoidal** (ou "*crista galli*"), separa os lados direito e esquerdo da lâmina cribriforme. A *foice do cérebro*, uma projeção de meninge que estabiliza a posição do encéfalo, fixa-se nesta crista óssea.

O labirinto etmoidal, dominado pela **concha nasal superior** e pela **concha nasal média**, pode ser mais bem visualizado pelas superfícies anterior e posterior do etmóide (Figura 6.10b,c). O **labirinto etmoidal** é uma rede interconectada de células etmoidais preenchidas por ar. Essas células são contínuas às células encontradas na parte inferior do osso frontal. As células etmoidais se abrem na cavidade nasal bilateralmente. A secreção mucosa dessas células é drenada para a cavidade nasal.

As conchas nasais são finas lâminas ósseas que se projetam na cavidade nasal de cada lado da lâmina perpendicular do etmóide. As conchas interferem no fluxo de ar, criando um efeito de turbilhonamento. Este mecanismo reduz a velocidade de movimento do ar, oferecendo um tempo maior para o seu aquecimento, umidificação e filtração antes que atinja partes mais delicadas do trato respiratório.

A **lâmina perpendicular** forma parte do *septo nasal*, uma estrutura que também é constituída pelo vômer e por uma cartilagem hialina. Receptores olfatórios situam-se no epitélio que

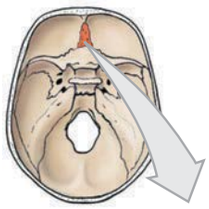
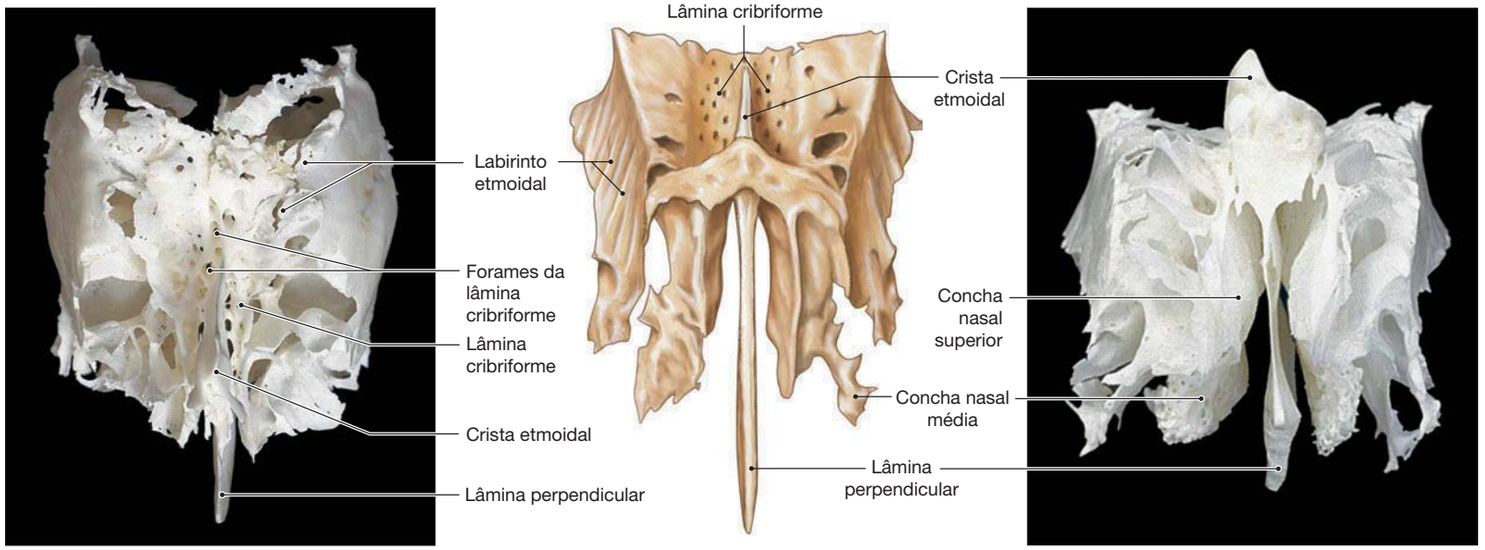


Figura 6.10 O etmóide.
Vistas do etmóide mostrando os principais referenciais anatômicos na **(a)** superfície superior, **(b)** superfície anterior e **(c)** superfície posterior.



(a) Vista superior **(b) Vista anterior** **(c) Vista posterior**

recobre a superfície inferior da lâmina cribriforme, a superfície medial da concha nasal superior e a porção superior da lâmina perpendicular.

As fossas do crânio [Figura 6.11]

Os contornos internos do crânio acompanham delicadamente o formato do encéfalo. No sentido ântero-posterior, a base interna do crânio não é horizontal, mas apresenta inclinação descendente, em duas etapas (Figura 6.11a). Em uma vista superior (Figura 6.11b), a base interna do crânio, em cada nível, forma depressões curvas denominadas **fossas do crânio**. A **fossa anterior do crânio** é formada pelo osso frontal, pelo etmóide e pelas asas menores do esfenóide. A fossa anterior do crânio abriga os lobos frontais dos hemisférios cerebrais. A **fossa média do crânio** estende-se da margem posterior da asa menor do esfenóide até a parte petrosa do osso temporal. Os ossos esfenóide, temporal e parietal constituem essa fossa, que abriga o lobo temporal de cada hemisfério cerebral, o *diencéfalo*, e a porção ântero-superior do tronco encefálico (*mesencéfalo*). A **fossa posterior do crânio** estende-se da parte petrosa do osso temporal à superfície posterior do crânio. A fossa posterior do crânio sustenta os lobos occipitais dos hemisférios cerebrais, o cerebelo e o restante do tronco encefálico (*ponte* e *bulbo*).

REVISÃO DOS CONCEITOS

1. As veias jugulares internas são importantes vasos sangüíneos da cabeça. Através de que aberturas passam esses vasos?
2. Em que osso está localizada a estrutura denominada sela turca? O que está contido nessa estrutura funda?
3. Qual dos cinco sentidos seria afetado no caso de malformação da lâmina cribriforme do etmóide?
4. Identifique os ossos do crânio.

Veja a seção de Respostas na parte final do livro.

Ossos da face

Os ossos pares da face são as maxilas, os palatinos, os nasais, as conchas nasais inferiores, os zigomáticos e os lacrimais. A face é composta ainda pelos ossos ímpares, vômer e mandíbula.

As maxilas [Figuras 6.3d,e/6.12a,b,c/6.15]

As **maxilas** direita e esquerda são os maiores ossos da face. A maxila articula-se com todos os outros ossos da face, exceto a mandíbula (Figura 6.3d, pág. 138). A **face orbital** (Figura 6.12a) oferece proteção ao olho e a outras estruturas da órbita. O **processo frontal** de cada maxila articula-se com o osso frontal e com o osso nasal. A "parte oral" da maxila é formada pelo **processo alveolar** que contém os dentes maxilares (superiores). A **fissura orbital inferior**, alongada, encontra-se no fundo da órbita, entre a maxila e o esfenóide (Figura 6.3d). O **forame infra-orbital**, próximo à margem infra-orbital, é atravessado por um dos principais nervos sensitivos da face. Na órbita, este nervo faz trajeto ao longo do **sulco infra-orbital** (mostrado na Figura 6.15) antes de passar através da fissura orbital inferior e do forame redondo, para alcançar o tronco encefálico.

Os **seios maxilares** são evidentes na vista medial e em secção transversal (Figura 6.12b,c). Estes são os maiores seios paranasais; eles tornam mais leve a porção da maxila imediatamente superior aos dentes e produzem secreção mucosa que é drenada às regiões inferiores das cavidades nasais, bilateralmente. As secções também demonstram a extensão dos **processos palatinos** que formam a maior parte do teto ósseo da cavidade oral (*palato duro*). A **fossa incisiva** na sutura palatina mediana marca a abertura dos *canais incisivos* (Figura 6.3e), que contêm pequenas artérias e nervos.

Os ossos palatinos [Figuras 6.3e/6.12c/6.13/6.15]

Os **ossos palatinos** são pequenos ossos em forma de L (Figura 6.13). As *lâminas horizontais* articulam-se com a maxila para formar a porção pos-

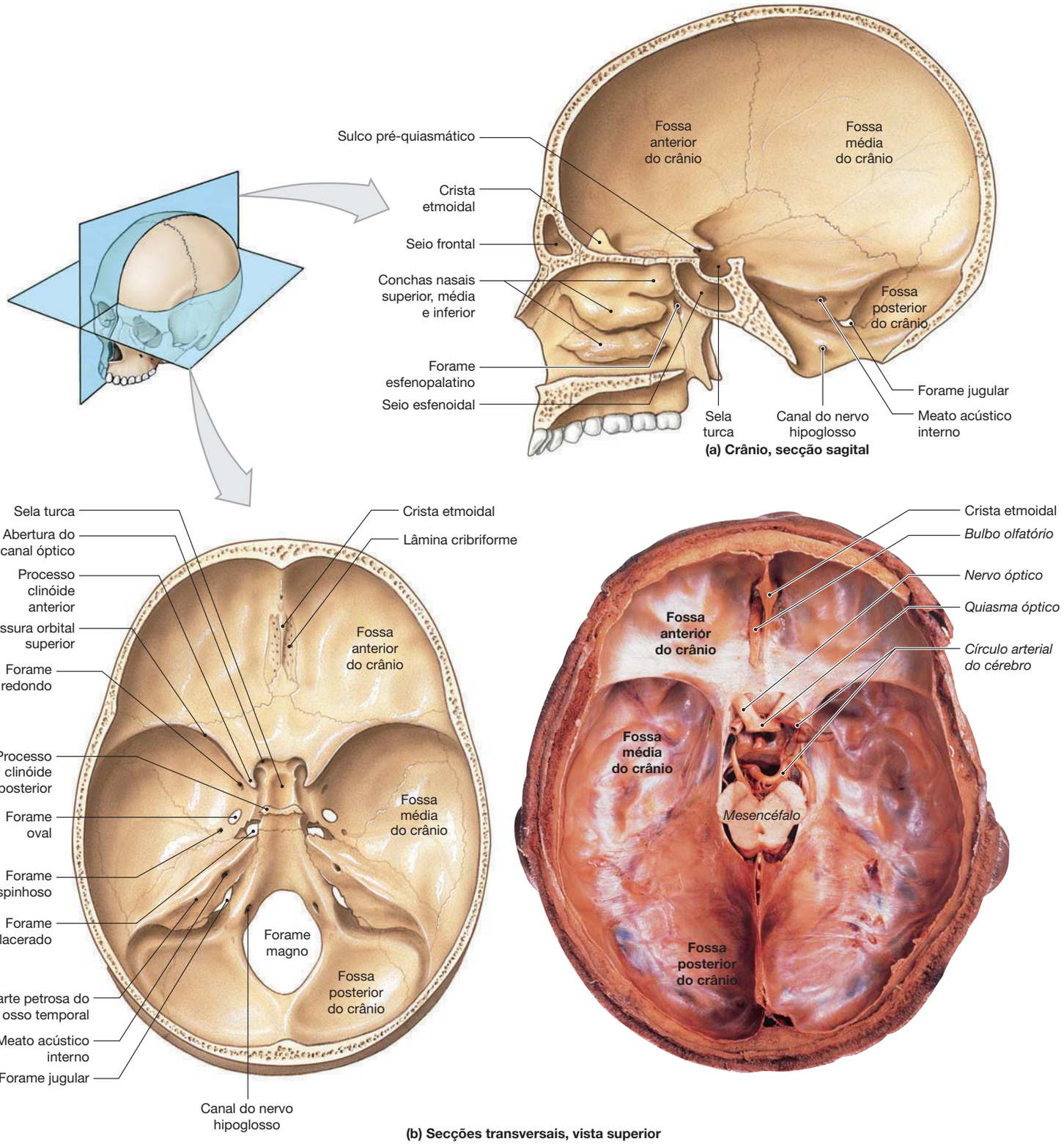
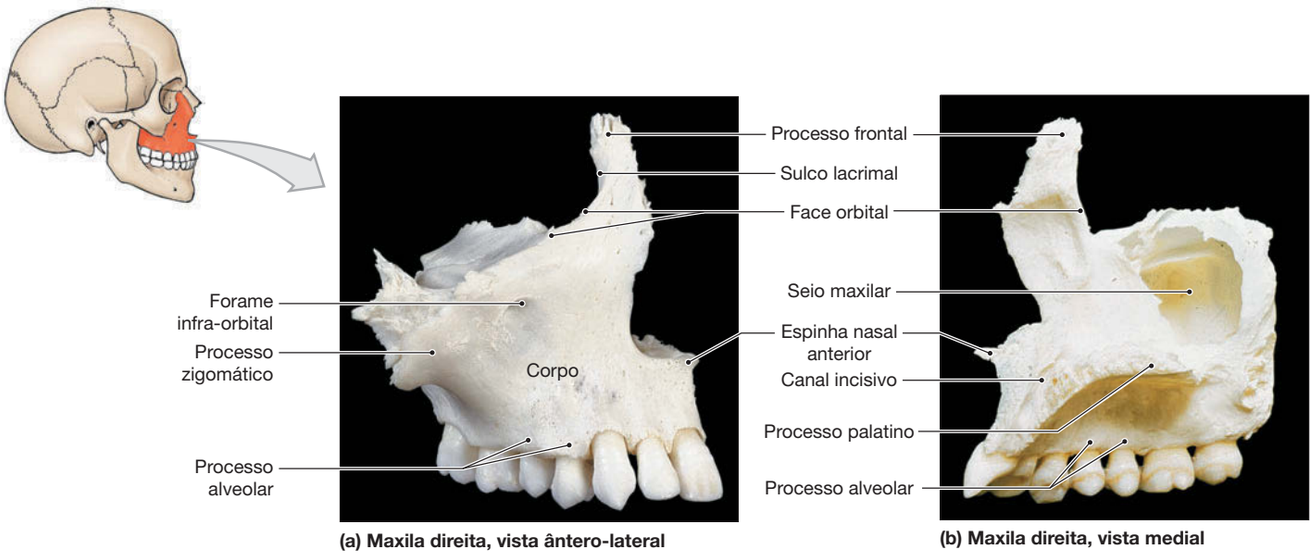


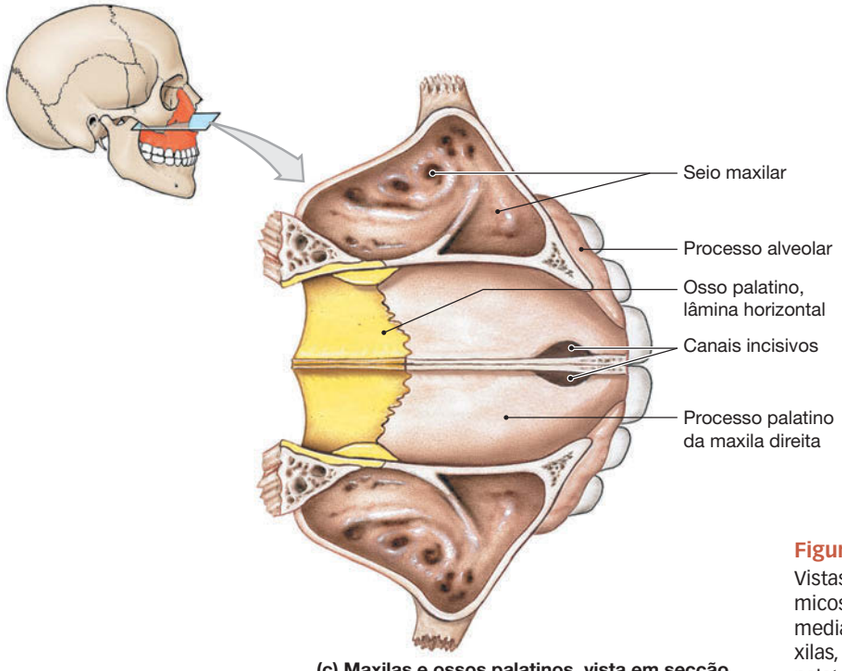
Figura 6.11 As fossas do crânio.

As fossas do crânio são depressões arredondadas na base interna do crânio. **(a)** Secção sagital do crânio, mostrando as posições relativas das suas fossas. **(b)** Secções transversais, vista superior. A porção superior do encéfalo foi removida, mas porções do tronco encefálico, nervos associados e vasos sangüíneos permanecem presentes.



(a) Maxila direita, vista ântero-lateral

(b) Maxila direita, vista medial



(c) Maxilas e ossos palatinos, vista em secção

Figura 6.12 A maxila.
Vistas da maxila direita mostrando os principais referenciais anatômicos na **(a)** superfície anterior e superfície lateral e **(b)** superfície medial. **(c)** Vista superior de secção transversal de ambas as maxilas, mostrando a orientação dos seios maxilares e a estrutura do palato ósseo.

terior do palato duro (Figura 6.12c). Na sua superfície inferior, o *sulco palatino maior* localiza-se entre o osso palatino e a maxila, bilateralmente (Figura 6.3e, pág. 139). Um ou mais *forames palatinos* menores estão geralmente presentes também na superfície inferior. A crista nasal, uma saliência formada na junção entre os ossos palatinos, marca a articulação com o vômer. A porção vertical do L é formada pela *lâmina perpendicular* do palatino. Esta lâmina do osso palatino articula-se com a maxila, o esfenóide, o etmóide e com a concha nasal inferior. A superfície medial da lâmina perpendicular apresenta duas cristas: (1) a *crista conchal*, marcando a articulação com a concha nasal inferior, e (2) a *crista etmoidal*, marcando a articulação com a concha nasal média do etmóide. O *processo orbital*, na lâmina perpendicular, constitui uma pequena parte da região posterior do soalho da órbita (Figura 6.15).

Os ossos nasais [Figuras 6.3c,d/6.15]

O par de **ossos nasais** articula-se com o osso frontal na linha mediana da face, na *sutura frontonasal* (Figura 6.3c,d). Cartilagens fixas às margens inferiores dos ossos nasais sustentam a porção flexível do nariz que se estende até as **narinas**. A margem lateral do osso nasal articula-se com o processo frontal da maxila correspondente (Figuras 6.3c e 6.15).

As conchas nasais inferiores [Figuras 6.3d/6.16]

As **conchas nasais inferiores** são ossos encurvados que se assemelham às conchas superiores e médias do etmóide. Uma concha inferior encontra-se fixa de cada lado à parede lateral da cavidade nasal (Figuras 6.3d, pág. 138, e 6.16). Desempenham as mesmas funções que as conchas nasais do osso etmóide.

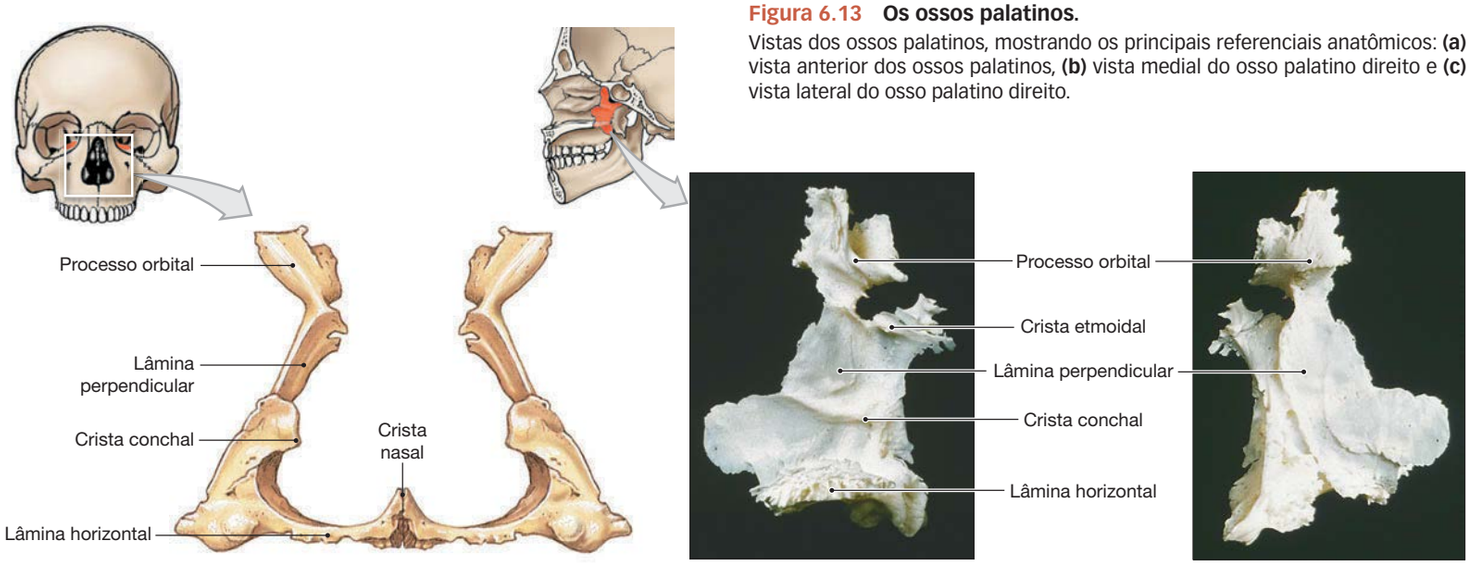


Figura 6.13 Os ossos palatinos.
Vistas dos ossos palatinos, mostrando os principais referenciais anatômicos: **(a)** vista anterior dos ossos palatinos, **(b)** vista medial do osso palatino direito e **(c)** vista lateral do osso palatino direito.

Os ossos zigomáticos [Figuras 6.3c,d/6.15]

Como notado anteriormente, o processo temporal do **osso zigomático** articula-se com o processo zigomático do osso temporal para formar o arco zigomático (Figura 6.3c,d). O **forame zigomaticofacial**, na superfície anterior de cada osso zigomático, permite a passagem de um nervo sensitivo para a bochecha. O osso zigomático também forma a margem lateral da órbita e contribui para formar o soalho da órbita.

Os ossos lacrimais [Figuras 6.3c,d/6.15]

O par de **ossos lacrimais** (*lacrima*, lágrima) são os menores ossos do crânio. Os ossos lacrimais estão situados na porção medial de cada órbita, onde se articulam com o osso frontal, a maxila e o etmóide (Figuras 6.3c,d e 6.15). Uma depressão rasa, o **sulco lacrimal**, conduz a uma passagem estreita, o **canal lacrimonasal**, formado pelo osso lacrimal e pela maxila. Esse canal abriga o ducto lacrimonasal no seu trajeto até a cavidade nasal.

O vômer [Figuras 6.3d,e/6.5]

O **vômer** forma a porção inferior do septo nasal (Figura 6.5, pág. 141). Localiza-se perpendicular ao soalho da cavidade nasal e se articula tanto com a maxila quanto com o osso palatino ao longo da linha mediana. A lâmina vertical do vômer é fina. Sua superfície superior curva articula-se com o esfenóide e a lâmina perpendicular do etmóide, formando a parte óssea do **septo nasal** (*septum*, parede) que separa a cavidade nasal em lados direito e esquerdo (Figura 6.3d,e). Anteriormente, o vômer sustenta a cartilagem do septo nasal que se continua na parte mais mole do nariz e que separa as narinas.

A mandíbula [Figuras 6.3c,d/6.14]

A **mandíbula** (Figuras 6.3c,d, págs. 137-138, e 6.14) pode ser subdividida em **corpo** (horizontal) e **ramos da mandíbula** (ascendentes). Os dentes são sustentados pelo corpo da mandíbula. Cada ramo encontra-se com o corpo nos **ângulos da mandíbula**. O **processo condilar** se estende até a face articular lisa da *cabeça* da mandíbula. A cabeça da mandíbula articula-se com a fossa mandibular do osso temporal formando a *articulação temporomandibular* (*ATM*). Essa articulação é bastante móvel, o que se verifica pelos movimentos mandibulares realizados durante a mastigação ou a fala. A desvantagem de tal amplitude de movimentação é o risco de deslocamento por movimento forçado anterior ou lateral.

No **processo coronóide**, insere-se o músculo temporal. Este é um dos músculos mais poderosos para a elevação da mandíbula. Anteriormente, o **forame mentual** (*mentalis*, mento, "queixo") é uma abertura no corpo da mandíbula em cada lado do mento. Um nervo atravessa esse forame conduzindo informação sensitiva do lábio inferior e do mento para o encéfalo. A **incisura da mandíbula** é a margem côncava que se situa entre os processos coronóide e condilar.

A **parte alveolar** da mandíbula é uma área espessa que contém os alvéolos e as raízes dos dentes mandibulares (Figura 6.14b). A **linha milo-hióidea** encontra-se na face medial do corpo da mandíbula. Ela marca a inserção do *músculo milo-hióideo* que constitui o soalho da cavidade oral e sustenta a língua. A *glândula submandibular* situa-se na **fóvea submandibular**, uma depressão inferior à linha milo-hióidea. Próximo à terminação póstero-superior da linha milo-hióidea, o evidente **forame da mandíbula** conduz a um **canal da mandíbula**. Este canal é passagem para vasos sangüíneos e nervo que suprem os dentes mandibulares (inferiores). O nervo alveolar inferior que atravessa esta passagem conduz informação sensitiva dos dentes e gengivas; os dentistas geralmente anestesiam esse nervo antes de trabalhar nos dentes inferiores.

Os complexos orbital e nasal

Muitos ossos do viscerocrânio articulam-se com ossos no neurocrânio formando o *complexo orbital* ao redor do bulbo do olho e o *complexo nasal* que limita as cavidades nasais.

O complexo orbital (órbita) [Figura 6.15]

As **órbitas** são os espaços ósseos que envolvem e protegem os bulbos dos olhos. Além do bulbo do olho, cada órbita contém também uma glândula lacrimal, tecido adiposo (corpo adiposo da órbita), músculos que movimentam o bulbo do olho, vasos sangüíneos e nervos. Sete ossos unem-se para constituir a órbita (Figura 6.15). O osso frontal forma o teto, e a maxila forma a maior parte do soalho. De medial para lateral, a superfície da órbita e a primeira parte da parede são compostas pela maxila, pelo

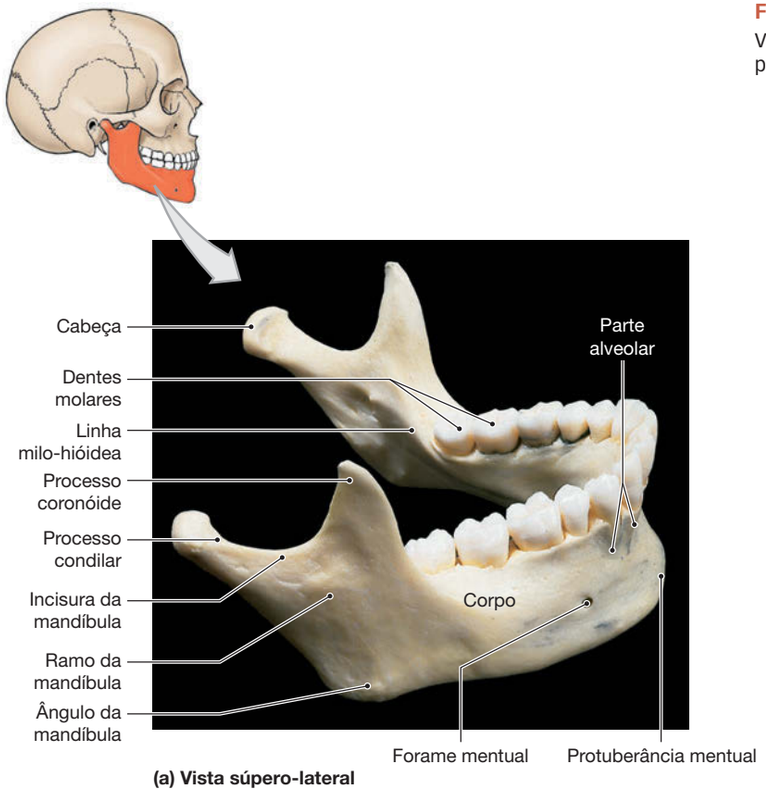


Figura 6.14 A mandíbula.
Vistas da mandíbula mostrando os principais referenciais anatômicos na **(a)** superfície superior e lateral e **(b)** superfície medial da metade direita da mandíbula.

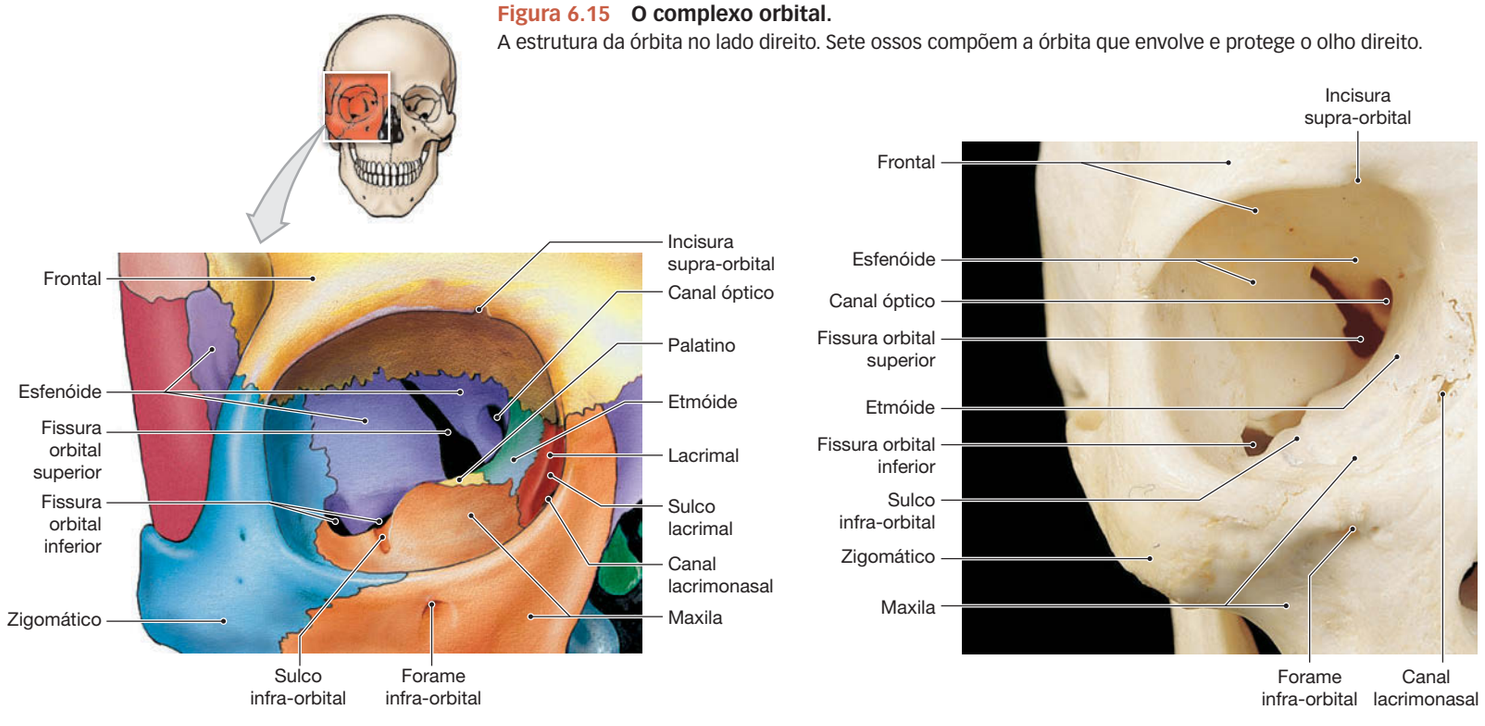


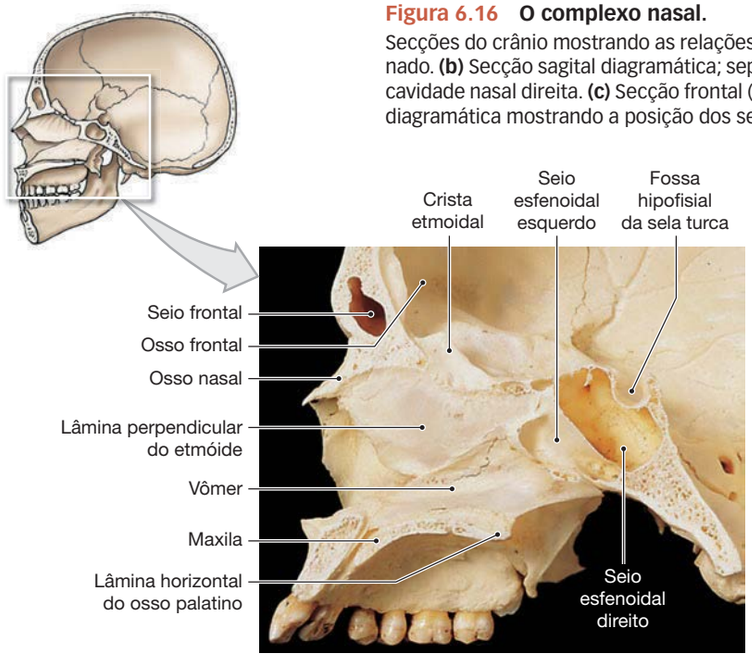
Figura 6.15 O complexo orbital.
A estrutura da órbita no lado direito. Sete ossos compõem a órbita que envolve e protege o olho direito.

osso lacrimal e lâmina orbital do etmóide, que se articula com o esfenóide e um pequeno processo do osso palatino. O esfenóide constitui a maior parte da parede posterior. Diversos forames e fissuras estão presentes no esfenóide ou situam-se entre o esfenóide e a maxila. Lateralmente, o esfenóide e a maxila se articulam com o osso zigomático, formando a parede lateral e a margem da órbita.

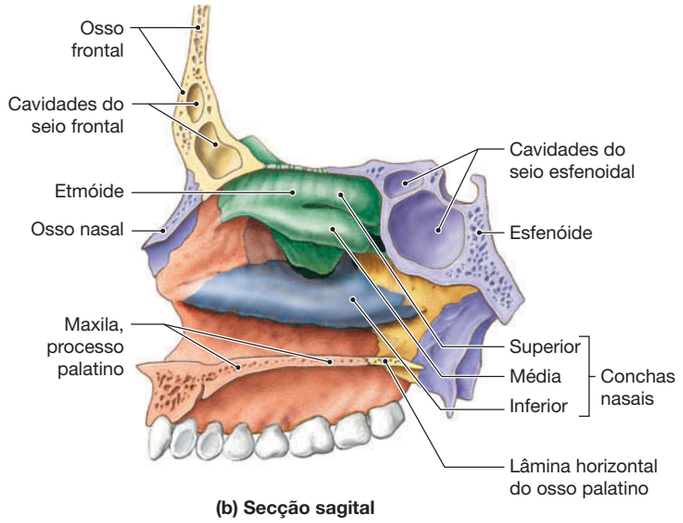
O complexo nasal [Figuras 6.5/6.16]

O **complexo nasal** (Figura 6.16) inclui os ossos e as cartilagens que limitam a cavidade nasal e os *seios paranasais*, espaços preenchidos por ar e em comunicação com a cavidade nasal. O frontal, o esfenóide e o etmóide formam a parede superior da cavidade nasal. A lâmina perpendicular do etmóide e o vômer formam a parte óssea do septo nasal (parede medial)

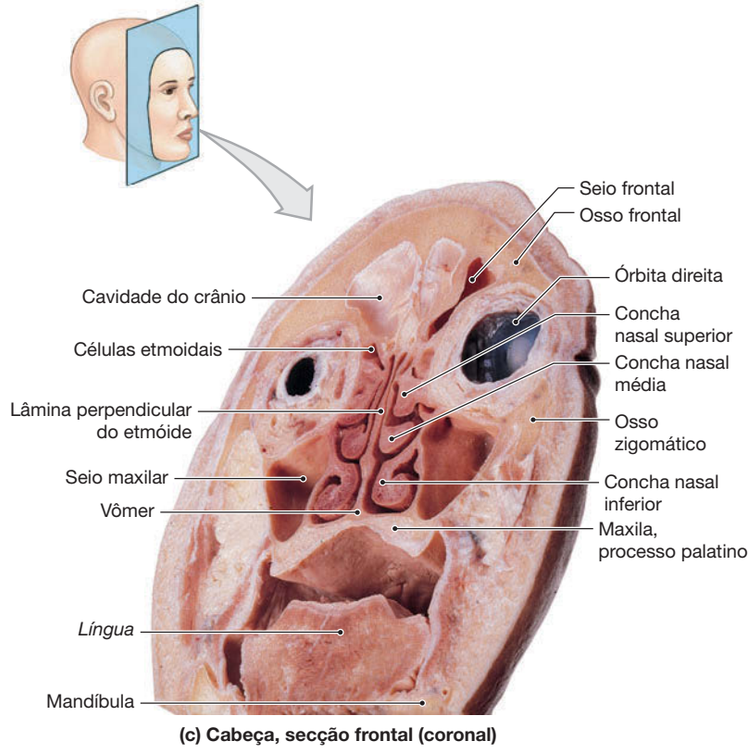
Figura 6.16 O complexo nasal.
Secções do crânio mostrando as relações entre os ossos do complexo nasal. **(a)** Secção sagital com o septo nasal posicionado. **(b)** Secção sagital diagramática; septo nasal removido para mostrar as principais características da parede lateral da cavidade nasal direita. **(c)** Secção frontal (coronal) da cabeça, mostrando a posição dos seios paranasais. **(d)** Secção frontal diagramática mostrando a posição dos seios paranasais.



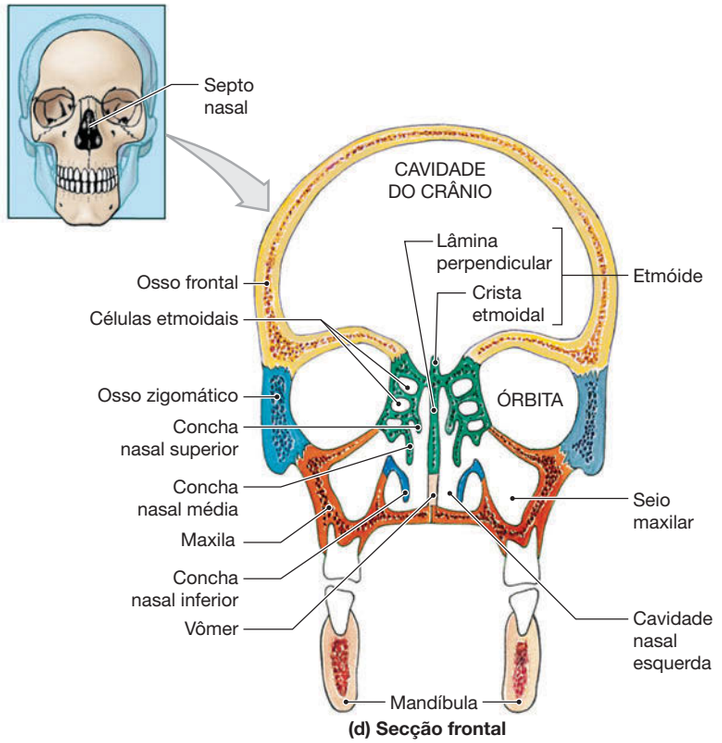
(a) Secção sagital



(b) Secção sagital



(c) Cabeça, secção frontal (coronal)



(d) Secção frontal

(ver Figuras 6.5, pág. 141, e 6.16a). As paredes laterais são formadas principalmente pelas maxilas, ossos lacrimais, etmóide e conchas nasais inferiores (Figura 6.16b-d). O dorso do nariz é sustentado pela maxila e pelos ossos nasais. Os tecidos moles do nariz envolvem extensões anteriores da cavidade nasal e são sustentados pelas cartilagens nasais e do septo nasal.

Os seios paranasais [Figura 6.16] Os ossos frontal, esfenóide, etmóide e maxilas contêm os **seios paranasais**, câmaras preenchidas por ar que se configuram como extensões comunicantes com a cavidade nasal. A Figura 6.16 mostra a localização dos **seios frontal** e **esfenoidal**. As **células etmoidais** (ou "*seios*" *etmoidais*) e o **seio maxilar** são mostrados na Figura 6.16c,d. Estes seios diminuem o peso dos ossos do crânio, produzem muco e amplificam o som produzido. O muco é secretado na cavidade nasal e o epitélio ciliado o conduz para a faringe, onde finalmente pode ser deglutido. O ar inspirado é umidificado e aquecido ao passar junto a esse epitélio ciliado revestido por muco. Partículas estranhas como poeira e microrganismos ficam aderidas a este viscoso muco e também são engolidas. Este mecanismo ajuda a proteger a delicada superfície do pulmão onde ocorrem as difusões gasosas. Essas superfícies de difusão constituem o tecido mais frágil do trato respiratório.

Nota clínica

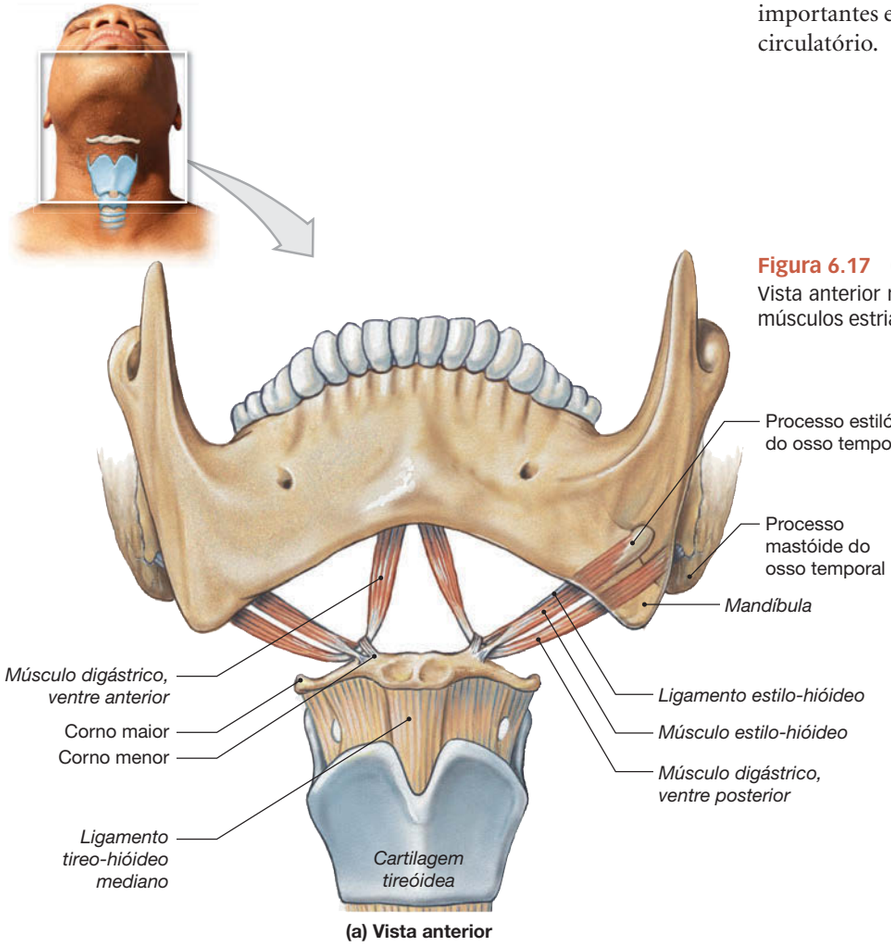
Sinusites A túnica mucosa dos seios paranasais responde a agressões ambientais acelerando a produção de muco. O muco reveste e umedece as paredes da cavidade nasal eliminando os agentes irritativos. Vários estímulos podem produzir este efeito, inclusive modificações bruscas de temperatura ou umidade, presença de vapores irritativos, infecções virais ou bacterianas. O aumento de secreção que reveste e umedece a cavidade nasal freqüentemente é suficiente para eliminar pequenos agentes irritativos. Entretanto, infecções virais ou bacterianas produzem inflamação da túnica mucosa da cavidade nasal. Em função do edema, as vias de passagem se estreitam. A drenagem do muco torna-se lenta, a congestão aumenta e o paciente passa a apresentar cefaléia e sensação de pressão interna nos ossos da face. Esta condição de congestão e inflamação dos seios paranasais é denominada *sinusite*. Os seios maxilares são geralmente envolvidos porque a ação da gravidade auxilia pouco na drenagem desses seios.

Inflamações temporárias dos seios paranasais podem acompanhar quadros alérgicos ou reações à exposição do epitélio mucoso a agentes químicos irritativos ou microrganismos invasores. Sinusite crônica pode ocorrer como resultado da presença de *desvio de septo nasal*. Nesta situação, o septo nasal apresenta-se curvo, em geral na região de conexão entre as porções cartilagínea e óssea. O desvio do septo freqüentemente bloqueia a drenagem de um ou mais seios, produzindo ciclos crônicos de infecção e inflamação. O desvio de septo pode resultar de anomalia do desenvolvimento ou traumatismo, podendo ser corrigido ou amenizado por cirurgia.

O osso hióide [Figura 6.17]

O **hióide** localiza-se inferiormente ao crânio, suspenso pelo **ligamento estilo-hióideo**, mas sem contato direto com qualquer outro osso do esqueleto (Figura 6.17). O corpo do hióide serve como inserção para alguns músculos relacionados à movimentação da língua e da laringe. Uma vez que músculos e ligamentos constituem as únicas fixações entre o hióide e outras partes do esqueleto, o complexo todo é bastante móvel. Os maiores acidentes no hióide são denominados **cornos maiores**, que auxiliam na sustentação da laringe e servem de inserção para os músculos que movimentam a língua. Nos **cornos menores** estão fixos os ligamentos estilo-hióideos, a partir dos quais o hióide e a laringe se mantêm suspensos pelo crânio, como se fossem um balanço em um galho de árvore.

Muitas saliências e cristas do esqueleto axial são associadas a músculos esqueléticos descritos no Capítulo 10; o aprendizado de seus nomes neste momento facilitará a organização do material naquele capítulo. As Tabelas 6.1 e 6.2 resumem a informação relativa aos forames e fissuras apresentados até aqui. Utilize a Tabela 6.1 como referência para forames e fissuras do crânio e a Tabela 6.2 como referência para forames e características da superfície do crânio. Essas referências serão especialmente importantes em capítulos posteriores que tratarão dos sistemas nervoso e circulatório.



(a) Vista anterior

(b) Osso hióide, vista ântero-superior

Figura 6.17 O osso hióide.
Vista anterior mostrando **(a)** a relação entre o hióide e o crânio, a laringe e os músculos estriados esqueléticos selecionados; **(b)** o hióide isolado.

TABELA 6.1 Um guia para os forames e fissuras do crânio

		Principais estruturas que atravessam as aberturas correspondentes	
Osso	**Forame/fissura**	**Tecido nervoso**	**Vasos e outras estruturas**
OCCIPITAL	Forame magno	Bulbo (medula oblonga) (parte inferior do encéfalo) e nervo acessório (XI) controlando diversos músculos da região do dorso, da faringe e da laringe[1]	Artérias vertebrais para o encéfalo e as meninges que protegem a parte central do sistema nervoso
	Canal do nervo hipoglosso	O nervo hipoglosso (XII) oferece controle motor para os músculos da língua	
Com o osso temporal	Forame jugular	Nervo glossofaríngeo (IX), nervo vago (X), nervo acessório (XI). O nervo IX transmite informação de gustação; o X é importante para funções viscerais; o XI supre músculos importantes da região do dorso e do pescoço	Veia jugular interna; importante retorno venoso do encéfalo ao coração
FRONTAL	Forame supra-orbital (ou incisura)	Nervo supra-orbital, ramo sensitivo do nervo oftálmico, suprindo a região superciliar, as pálpebras e o seio frontal	A artéria supra-orbital supre a mesma região
TEMPORAL	Forame mastóideo		Vasos para as meninges do SNC
	Forame estilomastóideo	O nervo facial (VII) oferece controle motor aos músculos da face	
	Canal carótico		Artéria carótida interna; principal suprimento arterial do encéfalo
	Meato acústico externo		Conduto com ar que transmite vibrações sonoras à membrana timpânica
	Meato acústico interno	O nervo vestibulococlear (VIII) supre os órgãos do sentido da audição e do equilíbrio. O nervo facial (VII) penetra este canal e continua seu trajeto através do forame estilomastóideo	Artéria labiríntica para a orelha interna
ESFENÓIDE	Canal óptico	O nervo óptico (II) conduz informações do bulbo do olho para o encéfalo	A artéria oftálmica supre a órbita
	Fissura orbital superior	Nervo oculomotor (III), nervo troclear (IV), nervo oftálmico, do nervo trigêmeo (V), nervo abducente (VI). O nervo oftálmico oferece inervação sensitiva ao olho e à órbita; os outros nervos controlam músculos que movimentam o olho	A veia oftálmica faz o retorno venoso da órbita
	Forame redondo	O nervo maxilar, do nervo trigêmeo (V), fornece inervação sensitiva da face	
	Forame oval	O nervo mandibular, do nervo trigêmeo (V), inerva os músculos que movimentam a mandíbula e é responsável pela inervação sensitiva desta área	
Com os ossos occipital e temporal	Forame espinhoso Forame lacerado		Vasos para as meninges do SNC A artéria carótida interna deixa o canal carótico e passa ao longo da margem superior do forame lacerado
Com a maxila	Fissura orbital inferior	Nervo maxilar, do nervo trigêmeo (V). *Ver Forame redondo do esfenóide*	
ETMÓIDE	Forames da lâmina cribriforme	O nervo olfatório (I) é o do sentido do olfato	
MAXILA	Forame infra-orbital	Nervo infra-orbital, ramo do nervo maxilar [do nervo trigêmeo (V)] se direciona da fissura orbital inferior para a face (sensitivo)	Artéria infra-orbital com a mesma distribuição
	Canais incisivos	Nervo nasopalatino	Pequenas artérias para a superfície do palato
ZIGOMÁTICO	Forame zigomaticofacial	Nervo zigomaticofacial, ramo do nervo maxilar para as bochechas (sensitivo)	
LACRIMAL	Sulco lacrimal, canal lacrimonasal (com a maxila)		O ducto lacrimonasal drena para a cavidade nasal
MANDÍBULA	Forame mentual	O nervo mentual, ramo sensitivo do nervo mandibular, supre a região do mento e do lábio inferior	Vasos mentuais para a região do mento e do lábio inferior
	Forame da mandíbula	O nervo alveolar inferior, ramo sensitivo do nervo mandibular, supre gengivas e dentes inferiores	Vasos alveolares inferiores suprem a mesma região

[1] Utilizamos aqui a definição clássica de nervos cranianos, que se baseia na estrutura anatômica destes nervos conforme sua origem aparente no encéfalo.

Nota clínica

Problemas relativos ao crescimento do crânio O crescimento do crânio ocorre geralmente de modo coordenado com a expansão do encéfalo. Distorções incomuns do crânio resultam da fusão prematura da sutura frontal, entre outras; esta patologia é denominada **cranioestenose** (*stenosis*, estreitamento). Conforme o encéfalo continua seu crescimento, o restante do crânio o acomoda. Um crânio longo e estreito pode ser decorrente do fechamento precoce da sutura sagital, enquanto um crânio largo pode resultar da fusão prematura da sutura coronal. O fechamento de todas as suturas cranianas restringe o desenvolvimento do encéfalo, e procedimentos cirúrgicos fazem-se necessários para evitar lesões encefálicas. Entretanto, se o crescimento encefálico é interrompido por fatores genéticos ou anomalias do desenvolvimento, o crescimento craniano também cessa. Esta patologia que resulta na formação de um crânio de dimensões bastante reduzidas é denominada **microcefalia**.

TABELA 6.2 Características da superfície do crânio

Região	Osso	Articula-se com os ossos	Características da superfície			
			Estruturas	Funções	Forames	Funções
NEURO-CRÂNIO (8)	**Occipital** (1) *(Figura 6.6)*	Parietais, temporais, esfenóide	**Externas:**			
			Côndilos occipitais	Articulação com a primeira vértebra cervical	Forame jugular (com o osso temporal)	Conduz o sangue das pequenas veias na cavidade do crânio
			Crista occipital externa, protuberância occipital externa e linhas nucais superior e inferior	Fixação de músculos e ligamentos que movem a cabeça e estabilizam a articulação atlantoccipital	Canal do nervo hipoglosso	Passagem para o nervo hipoglosso que inerva os músculos da língua
			Internas:			
			Crista occipital interna	Fixação de meninges que estabilizam o encéfalo		
	Parietais (2) *(Figura 6.6)*	Occipital, frontal, temporais, esfenóide	**Externas:**			
			Linhas temporais superior e inferior	Inserção de grandes músculos que elevam a mandíbula		
			Túber parietal	Fixação do couro cabeludo ao crânio		
	Frontal (1) *(Figura 6.7)*	Parietais, nasais, zigomáticos, esfenóide, etmóide, maxilas	Sutura frontal	Marca a fusão dos ossos frontais em desenvolvimento	Forames supra-orbitais	Vias de passagem para o nervo supra-orbital, ramo sensitivo do nervo oftálmico e artéria supra-orbital para a região do supercílio e da pálpebra
			Escama frontal	Inserção de músculos do couro cabeludo		
			Margem supra-orbital	Proteção do olho		
			Fossas da glândula lacrimal	Recessos contendo as glândulas lacrimais		
			Seio frontal	Torna o osso mais leve e produz muco		
			Crista frontal	Fixação de meninges dentro do crânio		
	Temporais (2) *(Figura 6.8)*	Occipital, parietais, frontal, zigomáticos, esfenóide e mandíbula; abriga os ossículos da audição e sustenta o osso hióide pelos ligamentos estilo-hióideos	**Externas:**		**Externos:**	
			Parte escamosa:		Canal carótico	Passagem para a artéria carótida interna, conduzindo sangue ao encéfalo
			Face temporal	Inserção para músculos da mastigação		
			Fossa mandibular e tubérculo articular	Formação da articulação temporomandibular	Forame estilomastóideo	Saída para o nervo motor dos músculos da face
			Processo zigomático	Articulação com o osso zigomático	Forame jugular (com o osso occipital)	Conduz o sangue das pequenas veias na cavidade do crânio
			Parte petrosa:			
			Processo mastóide	Inserção para músculos que atuam na flexão e rotação da cabeça	Meato acústico externo	Entrada e passagem do ar até a membrana timpânica
			Processo estilóide	Fixação do ligamento estilo-hióideo e músculos	Forame mastóideo	Passagem de vasos sangüíneos para as meninges
			Internas:		**Externos:**	
			Células mastóideas (aéreas)	Tornam mais leves os processos mastóides	Forame lacerado, entre o osso temporal e o occipital	Fechado por cartilagem e passagem de pequenas artérias para a superfície interna do crânio
			Parte petrosa	Proteção da orelha média e da orelha interna	**Internos:**	
					Tuba auditiva	Comunica o espaço aéreo da orelha média com a parte nasal da faringe
					Meato acústico interno	Passagem de vasos sangüíneos e nervos para a orelha interna e o forame estilomastóideo

TABELA 6.2 Características da superfície do crânio (*continuação*)

Região	Osso	Articula-se com os ossos	Características da superfície			
			Estruturas	Funções	Forames	Funções
	Esfenóide (1) *(Figura 6.9)*	Occipital, frontal, temporais, zigomáticos, palatinos, maxilas, etmóide e vômer	**Internas:** Sela turca Processos clinóides anterior e posterior, sulco pré-quiasmático **Externas:** Processo pterigóide e espinhas do esfenóide	 Proteção da hipófise Proteção da hipófise e do nervo óptico Inserção para músculos da mastigação e ligamentos	 Canal óptico Fissura orbital superior Forame redondo Forame oval Forame espinhoso	 Passagem do nervo óptico Passgem de nervos sensitivos e motores do olho Passagem para nervo sensitivo da face Passagem para nervo motor dos músculos da mastigação Passagem de vasos para as meninges encefálicas
	Etmóide (1) *(Figura 6.10)*	Frontal, nasais, palatinos, lacrimais, esfenóide, maxilas e vômer	Crista etmoidal Labirinto etmoidal Conchas nasais superior e média Lâmina perpendicular	Fixação para meninges que estabilizam o encéfalo Torna o osso mais leve e é local de produção de muco Criam turbulência no fluxo aéreo Divide a cavidade nasal (com o vômer e a cartilagem do septo nasal)	Forames da lâmina cribriforme	Passagem dos nervos olfatórios
VISCERO-CRÂNIO (FACE) (14)	**Maxilas** (2) *(Figura 6.12)*	Frontal, zigomáticos, palatinos, lacrimais, esfenóide, etmóide e conchas nasais inferiores, vômer, nasais	Margem infra-orbital Processo palatino Seio maxilar Processo alveolar	Protege o olho Forma a maior parte do palato ósseo Torna o osso mais leve, secreta muco Envolve as articulações com os dentes	Fissura orbital inferior e forame infra-orbital Forames palatinos menor e maior Ducto lacrimonasal (com o osso lacrimal)	Passagem de nervos que penetram no crânio pelo forame redondo Passagem de nervos sensitivos da face Drenagem de lágrima do saco lacrimal para a cavidade nasal
	Palatinos (2) *(Figura 6.13)*	Esfenóide, maxilas e vômer		Contribuem para formar o palato ósseo e a órbita		
	Nasais (2) *(Figuras 6.3c,d; 6.15)*	Frontal, etmóide, maxilas		Sustentam o dorso do nariz		
	Vômer (1) *(Figuras 6.3d,e; 6.5; 6.16)*	Etmóide, maxilas, palatinos		Forma a porção inferior e posterior do septo nasal		
	Conchas nasais inferiores (2) *(Figuras 6.3d; 6.16)*	Maxilas e palatinos		Criam turbulência no fluxo aéreo		
	Zigomáticos (2) *(Figuras 6.3c,d; 6.15)*	Frontal, temporais, esfenóide, maxilas	Processo temporal	Com o processo zigomático do temporal, completa o arco zigomático, para inserção de músculos da mastigação		
	Lacrimais (2) *(Figuras 6.3c,d; 6.15)*	Etmóide, frontal, maxilas, conchas nasais inferiores			Sulco lacrimal	Contém o saco lacrimal
	Mandíbula (1) *(Figura 6.14)*	Temporais	Ramo Processo condilar Processo coronóide	 Articulação com o temporal Inserção do músculo temporal a partir da superfície do osso parietal	Forame da mandíbula Forame mentual	Passagem de nervo sensitivo dos dentes mandibulares (inferiores) e gengiva Passagem de nervo sensitivo da região do mento e do lábio inferior

(continua)

TABELA 6.2 Características da superfície do crânio (*continuação*)

Região	Osso	Articula-se com os ossos	Características da superfície: Estruturas	Funções	Forames	Funções
	Mandíbula (1) *(Figura 6.14)*		Parte alveolar Linhas milo-hióideas Fóveas submandibulares	Proteção da articulação com os dentes Inserção de músculos que constituem o soalho da cavidade oral Alojam as glândulas submandibulares		
OSSOS ASSOCIADOS (7)	**Hióide** (1) *(Figura 6.17)*	Sustentado por músculos e ligamentos fixos no processo estilóide do osso temporal; conectado por músculos e ligamentos à laringe	Cornos maiores Cornos menores	Inserção de músculos da língua e ligamentos à laringe Fixação dos ligamentos estilo-hióideos		
	Ossículos da audição *(três pares)*	A parte petrosa de cada osso temporal engloba três ossículos		Conduzem as vibrações sonoras da membrana timpânica para as câmaras preenchidas por líquido na orelha interna		

REVISÃO DOS CONCEITOS

1. Quais são os nomes e as funções dos ossos da face?
2. Identifique as funções dos seios paranasais.
3. Quais são os ossos que constituem a órbita?

Veja a seção de Respostas na parte final do livro.

Crânios de bebês, crianças e adultos [Figura 6.18]

Diversos centros de ossificação estão envolvidos na formação do crânio, mas, ao longo do desenvolvimento, com as fusões resulta um número menor de componentes ósseos. Por exemplo, o esfenóide inicia-se como 14 centros individuais de ossificação. Ao nascimento, a fusão ainda não está completa e existem "dois" ossos frontais, "quatro" ossos occipitais e vários componentes dos ossos esfenóide e temporal.

O crânio organiza-se em torno do encéfalo em desenvolvimento, e à medida que o nascimento se aproxima, o encéfalo cresce rapidamente. O crescimento dos ossos do crânio é defasado em relação ao crescimento encefálico e, ao nascimento, os ossos cranianos são interligados por áreas de tecido conectivo fibroso. Estas conexões são bastante flexíveis e, assim, o crânio pode ser distorcido sem que haja lesão. Esta distorção normalmente ocorre durante o parto e facilita a passagem da criança pela vagina. As maiores regiões fibrosas entre os ossos cranianos são conhecidas como **fontículos** (Figura 6.18).

- O *fontículo anterior* é o maior dos fontículos. Localiza-se na intersecção das suturas frontal, sagital e coronal.
- O *fontículo posterior* localiza-se na junção das suturas lambdóidea e sagital.
- Os *fontículos ântero-laterais (esfenoidais)* encontram-se nas junções das suturas escamosas e sutura coronal.
- Os *fontículos póstero-laterais (mastóideos)* localizam-se nas junções das suturas escamosas e sutura lambdóidea.

Os crânios de crianças e adultos diferem em termos de forma e estrutura dos componentes cranianos, e esta diferença é responsável pelas variações de dimensão e proporções. O crescimento craniano mais significativo ocorre antes dos cinco anos de idade; nesta idade, o encéfalo interrompe seu crescimento e as suturas cranianas se desenvolvem. Como resultado, o crânio de uma criança em relação ao seu corpo é proporcionalmente maior quando comparado ao de um adulto.

A coluna vertebral [Figura 6.19]

O restante do esqueleto axial é subdividido em coluna vertebral e caixa torácica. A **coluna vertebral** de um adulto é composta por 26 ossos, incluindo as vértebras, o sacro e o cóccix. As vértebras constituem uma coluna de apoio que sustenta o peso da cabeça, pescoço e tronco, finalmente transferindo esse peso para os membros inferiores no esqueleto apendicular. Elas também protegem a medula espinal, oferecem passagem para os nervos espinais, que se iniciam ou terminam na medula espinal, e auxiliam na manutenção da postura ereta do corpo, em pé ou sentado.

A coluna vertebral é dividida em regiões. Partindo-se do crânio, as regiões são *cervical, torácica, lombar, sacral* e *coccígea* (Figura 6.19). Cada região da coluna vertebral apresenta diferentes funções e, como resultado, as vértebras de cada região apresentam especializações anatômicas que permitem essas diferenças funcionais. Além disso, as vértebras localizadas nas junções entre duas regiões da coluna vertebral compartilharão algumas características anatômicas.

Sete *vértebras cervicais* constituem o pescoço e estendem-se inferiormente para o tronco. A primeira vértebra cervical forma um par de articulações com os côndilos occipitais do crânio. A sétima vértebra cervical articula-se com a primeira vértebra torácica. Doze *vértebras torácicas* constituem a região torácica do dorso, e cada uma se articula

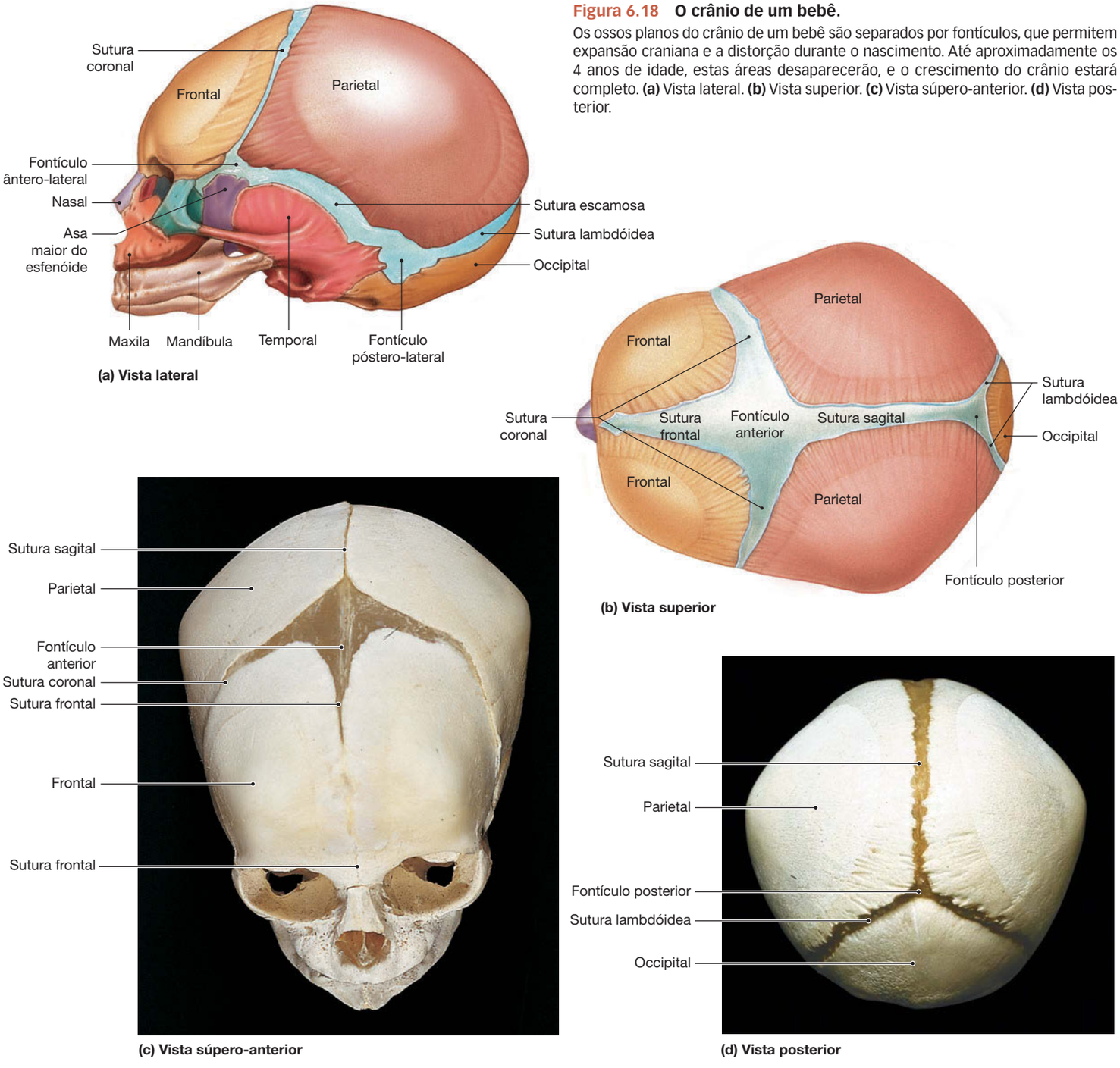


Figura 6.18 O crânio de um bebê.
Os ossos planos do crânio de um bebê são separados por fontículos, que permitem expansão craniana e a distorção durante o nascimento. Até aproximadamente os 4 anos de idade, estas áreas desaparecerão, e o crescimento do crânio estará completo. **(a)** Vista lateral. **(b)** Vista superior. **(c)** Vista súpero-anterior. **(d)** Vista posterior.

com um ou mais pares de costelas. A décima segunda vértebra torácica articula-se com a primeira vértebra lombar. Cinco *vértebras lombares* constituem a região lombar do dorso; a quinta vértebra lombar articula-se com o *sacro* que, por sua vez, articula-se com o *cóccix*. As regiões cervical, torácica e lombar são constituídas por vértebras individuais. Durante o desenvolvimento, o *osso sacro* origina-se como um grupo de cinco vértebras, e o cóccix inicia-se a partir de três a cinco pequenas vértebras. As vértebras sacrais geralmente completam sua fusão aos 25 anos de idade. As vértebras coccígeas distais não completam sua ossificação antes da puberdade e, daí em diante, a fusão ocorre em ritmo variado. A extensão total média da coluna vertebral de um adulto corresponde a 71 cm.

Curvaturas da coluna vertebral [Figura 6.19]

A coluna vertebral não é uma estrutura rígida e retificada. A vista lateral da coluna vertebral de um adulto mostra quatro **curvaturas** (Figura 6.19a-c): (1) curvatura secundária (**lordose cervical**), (2) curvatura primária (**cifose torácica**), (3) curvatura secundária (**lordose lombar**) e (4) curvatura primária (**cifose sacral**). A seqüência de aparecimento das curvaturas da coluna vertebral do feto ao recém-nascido, à criança e ao adulto está ilustrada na Figura 6.19d. As cifoses torácica e sacral são denominadas **curvaturas primárias** porque já aparecem, mesmo que tardiamente, no desenvolvimento fetal. Elas são também denominadas "**curvaturas de acomodação**" porque permitem a acomodação das vísceras torácicas e abdominopélvicas em desenvolvimento. A coluna vertebral no recém-

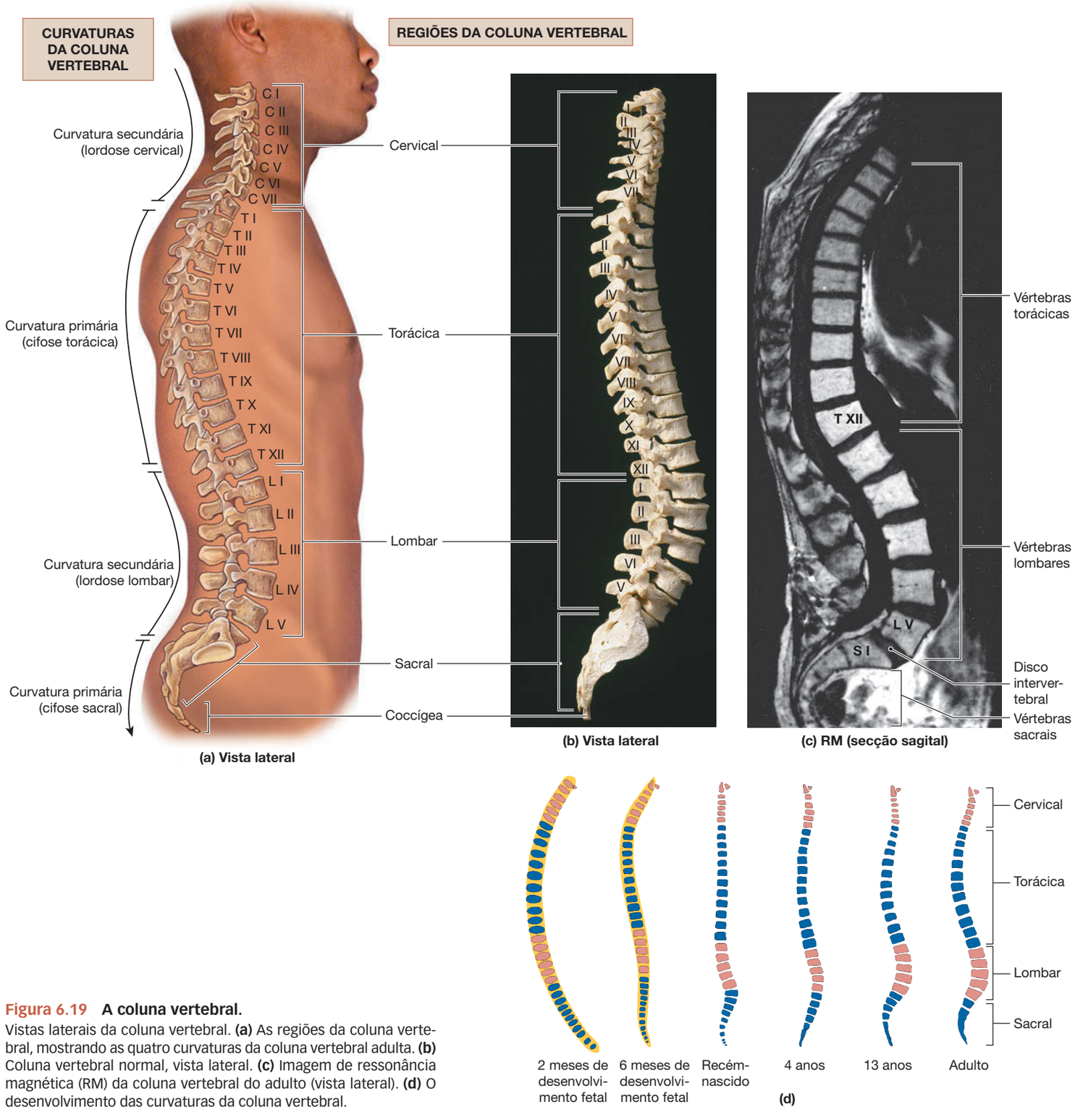


Figura 6.19 A coluna vertebral.
Vistas laterais da coluna vertebral. **(a)** As regiões da coluna vertebral, mostrando as quatro curvaturas da coluna vertebral adulta. **(b)** Coluna vertebral normal, vista lateral. **(c)** Imagem de ressonância magnética (RM) da coluna vertebral do adulto (vista lateral). **(d)** O desenvolvimento das curvaturas da coluna vertebral.

nascido apresenta-se em formato de C, em contraste com o formato de S observado no adulto, porque apenas as curvaturas primárias encontram-se presentes. As lordoses lombar e cervical, denominadas **curvaturas secundárias**, aparecem apenas alguns meses após o nascimento. Elas são também denominadas "**curvaturas de compensação**", pois auxiliam na modificação da direção do peso sobre os membros inferiores conforme a criança começa a ficar em pé. Essas curvaturas acentuam-se quando a criança aprende a andar e correr. As quatro curvaturas estão inteiramente desenvolvidas quando a criança completa 10 anos de idade.

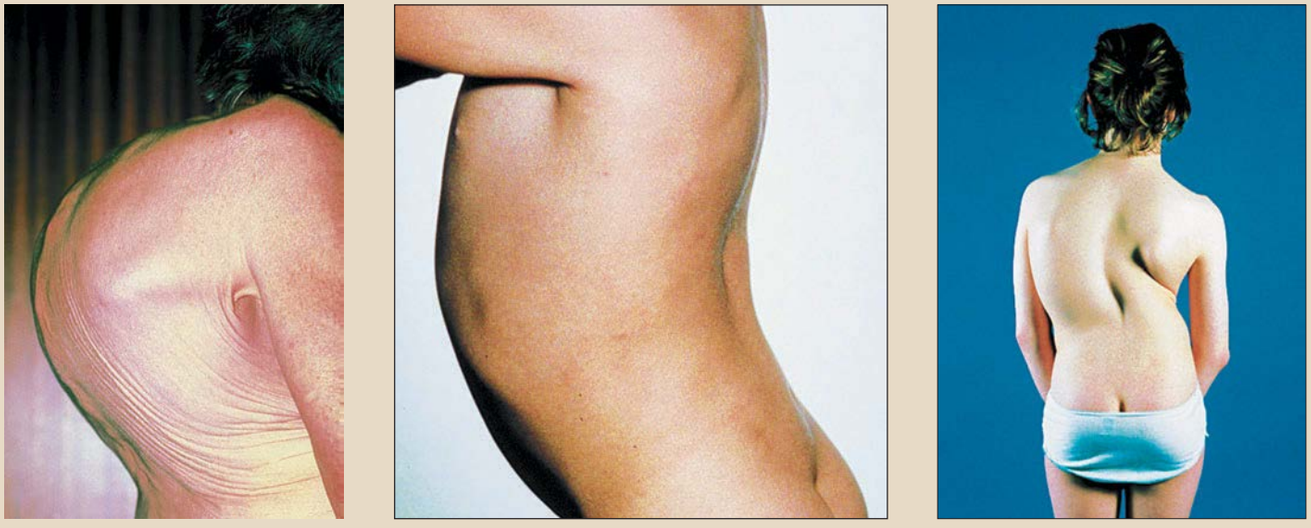
Em pé, o peso do corpo precisa ser transmitido através da coluna vertebral para o quadril e para os membros inferiores. Ainda assim, a maior parte do peso corporal fica concentrada anteriormente à coluna vertebral. As curvaturas alinham este peso no eixo do corpo e no seu centro de gravidade. Considere o que faz um indivíduo automaticamente quan-

Nota clínica

Cifose, lordose e escoliose (Figura 6.20) A coluna vertebral movimenta, equilibra e sustenta o tronco e a cabeça, com a participação de vários músculos e articulações. Doenças ou alterações que afetam os ossos, músculos ou nervos podem resultar em distorções nas suas curvaturas e comprometimento das suas funções. Na **cifose**, a curvatura torácica (cifose torácica) normal torna-se exagerada (Figura 6.20a). Esta alteração pode ser causada por (1) osteoporose com fraturas por compressão, afetando a porção anterior dos corpos vertebrais, (2) contrações crônicas dos músculos que se inserem nas vértebras ou (3) crescimento vertebral anormal.

Na **lordose**, observa-se a protrusão acentuada tanto do abdome quanto das nádegas (Figura 6.20b), causada pela exacerbação da curvatura lombar (lordose lombar). Esta condição pode resultar do aumento do perímetro abdominal ou enfraquecimento dos músculos da parede abdominal.

Escoliose é uma curvatura lateral anormal da coluna vertebral (Figura 6.20c). Este desvio lateral pode ocorrer em uma ou mais vértebras móveis. A escoliose é a distorção mais comum de curvatura da coluna vertebral. Esta condição pode resultar de problemas no desenvolvimento, como formação incompleta das vértebras, ou de paralisia muscular unilateral dos músculos do dorso (como ocorre em alguns casos de poliomielite). O conhecido personagem "Corcunda de Notre Dame" sofreu de escoliose severa que, antes do desenvolvimento das terapias antibióticas, era freqüentemente resultante de processos infecciosos na coluna vertebral causados por tuberculose. Em quatro de cinco casos, é impossível determinar a causa estrutural ou funcional da anormalidade. Esta escoliose idiopática geralmente desenvolve-se em meninas, durante a adolescência, quando os períodos de crescimento são mais acelerados. O tratamento pode consistir em uma combinação de exercícios e coletes de sustentação, que oferecem benefício limitado ou mesmo nenhum benefício. Casos graves podem ser tratados com correção cirúrgica por implante de hastes ou cabos metálicos.



(a) Cifose (b) Lordose (c) Escoliose

Figura 6.20 Curvaturas anômalas da coluna vertebral.

do se coloca em pé segurando um objeto pesado. Para evitar a inclinação anterior, o indivíduo acentua a curvatura lombar, aproximando mais o peso e o centro de gravidade ao eixo corporal. Esta postura pode trazer desconforto na região da base da coluna vertebral. De modo semelhante, gestantes nos três últimos meses de gravidez freqüentemente desenvolvem lombalgias crônicas por causa das modificações da curvatura lombar que ocorrem como um ajuste compensatório em função do aumento de peso do feto. Certamente você já deve ter visto fotografias de indivíduos africanos ou sul-americanos carregando objetos pesados sobre suas cabeças. Esta prática aumenta a carga sobre a coluna vertebral, mas, uma vez que o peso está alinhado com o eixo da coluna vertebral, as curvaturas não sofrem modificações e a tensão é minimizada.

Anatomia vertebral [Figura 6.21]

Geralmente, as vértebras apresentam um plano estrutural comum (Figura 6.21). Anteriormente, cada vértebra apresenta um *corpo* relativamente espesso, de formato esférico ou oval, a partir do qual se estende posteriormente o *arco vertebral*. Vários processos, tanto para inserção de músculos quanto para articulação de costelas, estendem-se a partir do arco vertebral. *Processos articulares* pareados nas superfícies superior e inferior projetam-se do arco vertebral. Esses processos propiciam a articulação entre as vértebras adjacentes (Figura 6.21d,e).

O corpo vertebral [Figura 6.21e]

O **corpo vertebral** é a parte da vértebra que transfere o peso ao longo do eixo da coluna vertebral (Figura 6.21e). Cada vértebra articula-se com as vértebras adjacentes; os corpos vertebrais são conectados por ligamentos e separados por discos de fibrocartilagem, os **discos intervertebrais**.

O arco vertebral [Figura 6.21]

O **arco vertebral** (Figura 6.21) forma os limites laterais e posterior do **forame vertebral** que, durante a vida, envolve um segmento da medula espinal. O arco vertebral apresenta um "soalho" (a superfície posterior do corpo), "paredes" (os *pedículos*) e um "teto" (as *lâminas*). Os **pedículos** do arco vertebral originam-se das regiões póstero-laterais do corpo vertebral. As **lâminas** do arco vertebral estendem-se dorsomedialmente para completar o "teto", bilateralmente. Da fusão entre as lâminas, um **processo espinhoso** projeta-se posteriormente a partir da linha mediana. Esse processo pode ser observado e sentido à palpação da pele do dorso. **Processos transversos** projetam-se lateralmente ou póstero-

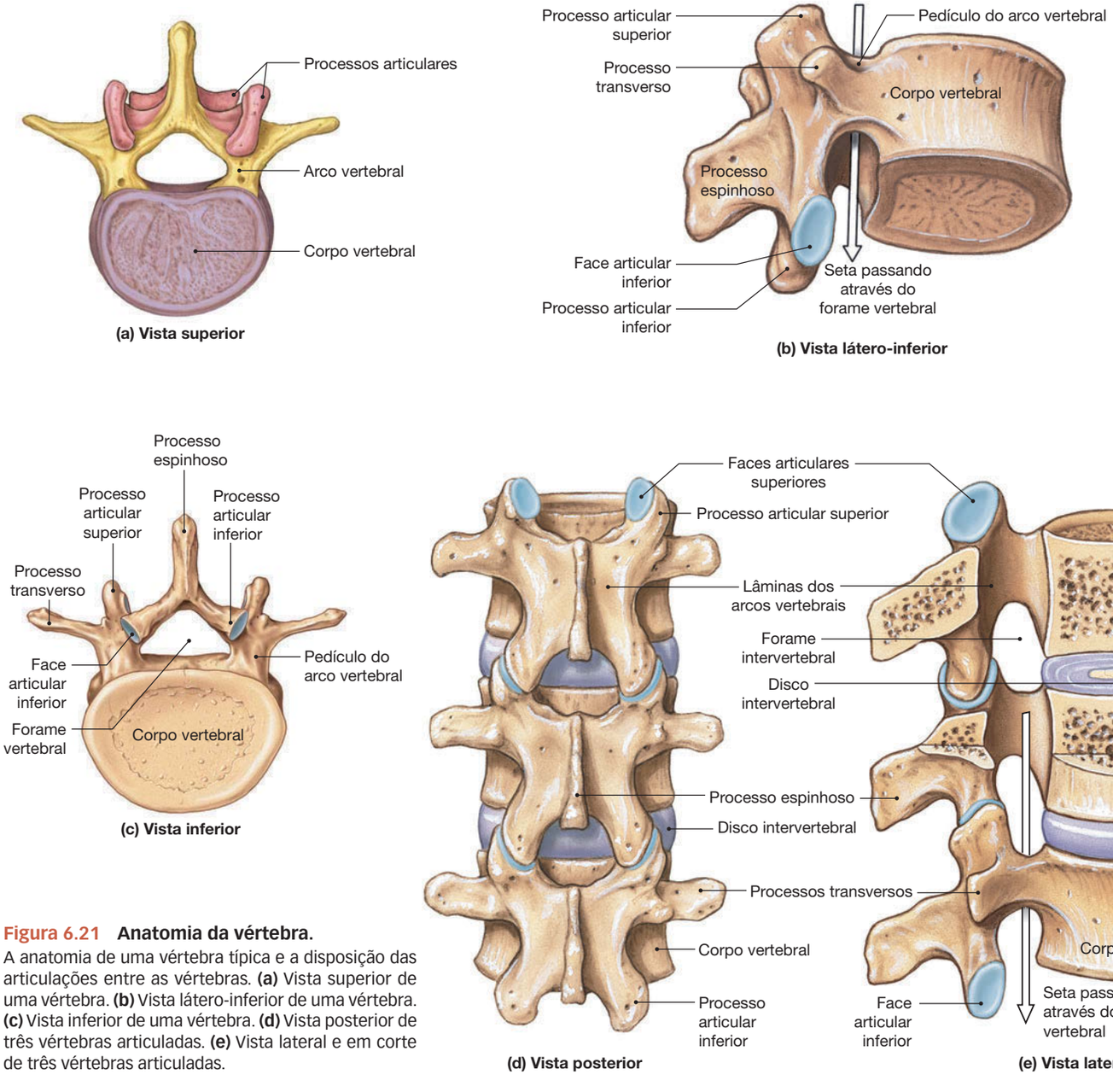


Figura 6.21 Anatomia da vértebra.
A anatomia de uma vértebra típica e a disposição das articulações entre as vértebras. **(a)** Vista superior de uma vértebra. **(b)** Vista látero-inferior de uma vértebra. **(c)** Vista inferior de uma vértebra. **(d)** Vista posterior de três vértebras articuladas. **(e)** Vista lateral e em corte de três vértebras articuladas.

lateralmente em ambos os lados da região onde as lâminas unem-se aos pedículos. Esses processos são locais de inserção muscular e podem também articular-se com as costelas.

Os processos articulares [Figura 6.21]

Os **processos articulares** também se originam na junção entre os pedículos e as lâminas. Há um processo articular superior e um inferior de cada lado da vértebra. Os **processos articulares superiores** projetam-se no sentido superior; os **processos articulares inferiores** projetam-se no sentido inferior (Figura 6.21).

Articulação vertebral [Figura 6.21]

Os processos articulares inferiores de uma vértebra articulam-se com os processos articulares superiores da vértebra inferior. Cada processo articular apresenta uma superfície lisa, denominada **face articular**. Os processos superiores apresentam faces articulares nas suas superfícies posteriores, enquanto os processos inferiores articulam-se ao longo de suas superfícies anteriores.

Juntos, os arcos vertebrais e os corpos vertebrais formam o **canal vertebral**, um espaço que contém a medula espinal. Entretanto, a medula espinal não fica completamente envolvida por osso. Os corpos vertebrais são separados por discos intervertebrais, e existem espaços entre os pedículos das vértebras adjacentes. Estes **forames intervertebrais** (Figura 6.21) permitem a passagem dos nervos espinais que fazem trajeto até ou a partir da medula espinal.

Regiões da coluna vertebral [Figura 6.19a e Tabela 6.3]

Em referência às vértebras, letras maiúsculas indicam a região da coluna vertebral e o número romano indica a vértebra em questão, iniciando-se com a vértebra cervical mais próxima do crânio. Por exemplo, C III refere-se à terceira vértebra cervical, com C I em contato com o crânio;

L IV é a quarta vértebra lombar, com L I em contato com a última vértebra torácica (Figura 6.19a). Esta representação será utilizada ao longo de todo o texto.

Embora cada vértebra apresente características e articulações típicas, concentre-se nas características gerais de cada região e em como as variações regionais determinam as funções básicas de cada grupo vertebral.

Vértebras cervicais [Figura 6.22 e Tabela 6.3]

As sete **vértebras cervicais** são as menores vértebras isoladas e móveis do corpo (Figura 6.22). Estendem-se do osso occipital, do crânio, até o tórax. A primeira, a segunda e a sétima vértebra cervical apresentam características únicas e são consideradas vértebras atípicas, enquanto as vértebras cervicais – da terceira à sexta – são consideradas típicas e apresentam ca-

TABELA 6.3 Diferenças regionais na estrutura e função das vértebras

Região (número)	Corpo vertebral	Forame vertebral	Processo espinhoso	Processo transverso	Funções
Vértebras cervicais (7) *(ver Figura 6.22)*	Pequeno; oval; faces curvas	Grande	Maioria longo; bífido; projeção pontiaguda voltada para inferior	Apresenta forame transversário	Sustentam o crânio, estabilizam as posições relativas do encéfalo e da medula espinal, permitem movimentação controlada da cabeça
Vértebras torácicas (12) *(ver Figura 6.24)*	Médio; formato de coração; faces planas; fóveas costais para articulação com as costelas	Médio	Longo; delgado; não é bífido; projeção pontiaguda voltada para inferior	Todas, exceto duas (T XI e T XII), apresentam fóveas costais para articulação com as costelas	Sustentam o peso da cabeça, pescoço, membros superiores, órgãos da cavidade torácica; articulam-se com as costelas para permitir modificações no volume da caixa torácica
Vértebras lombares (5) *(ver Figura 6.25)*	Grande; oval; faces planas	Pequeno	Curto; espesso; projeção pontiaguda voltada para posterior	Curto; sem fóveas articulares ou forames transversários	Sustentam o peso da cabeça, pescoço, membros superiores, órgãos das cavidades torácica e abdominal

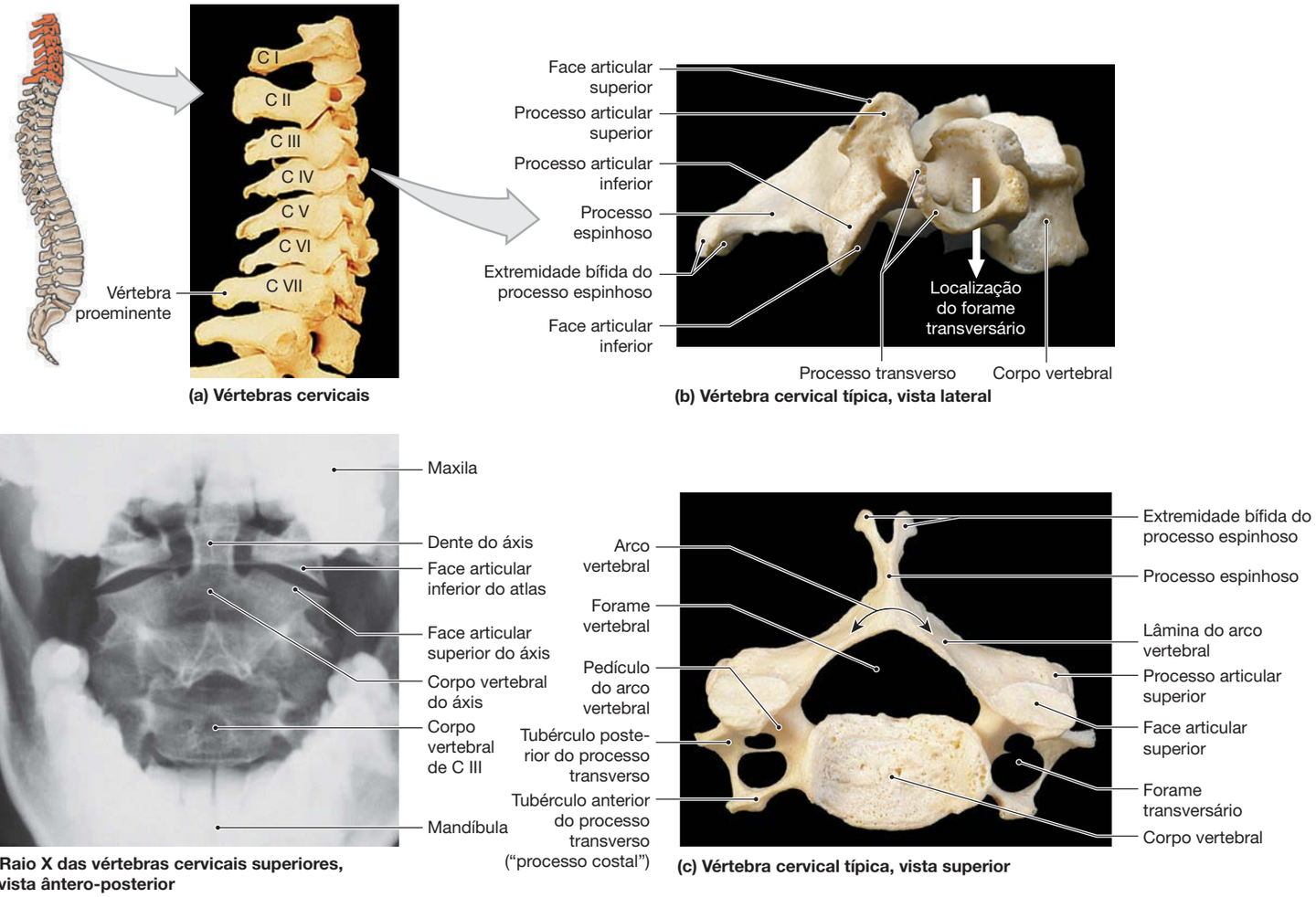


Figura 6.22 Vértebras cervicais.
São as menores vértebras isoladas, de localização mais superior. **(a)** Vista lateral das vértebras cervicais. **(b)** Vista lateral de uma vértebra cervical típica (C III-C VI). **(c)** Vista superior da mesma vértebra. Note as características típicas listadas na Tabela 6.3. **(d)** Radiografia (raio X) das vértebras cervicais superiores, vista ântero-posterior. A boca está aberta e os dentes inferiores são visíveis.

racterísticas semelhantes. Observe que o corpo de uma vértebra cervical é relativamente pequeno em comparação com o tamanho do forame vertebral (triangular). Neste nível, a medula espinal ainda contém a maior parte das fibras nervosas que a conectam ao encéfalo e ao restante do corpo, principalmente os membros superiores. Descendo ao longo do canal vertebral, o diâmetro da medula espinal diminui, assim como o diâmetro do canal vertebral. Por outro lado, as vértebras cervicais sustentam apenas o peso da cabeça e, portanto, os corpos vertebrais podem ser relativamente pequenos e leves. Ao longo da coluna vertebral, no sentido inferior, a carga de peso aumenta e os corpos vertebrais são gradativamente maiores.

Em uma vértebra típica (C III-C VI), a superfície superior do corpo é côncava látero-lateralmente e inclina-se, sendo sua margem anterior inferior à margem posterior. O processo espinhoso é relativamente curto e espesso, em geral mais curto que o diâmetro do forame vertebral. Com exceção de C VII, cada processo espinhoso apresenta extremidade protuberante em V. Um processo espinhoso em V é descrito como *bífido* (*bifidus*, cortado em duas partes). Lateralmente, há os tubérculos anterior e posterior que se fundem ao processo transverso junto ao corpo vertebral. A expansão do tubérculo anterior, chamada por alguns de "processo costal", representa o vestígio evolutivo de costelas cervicais. Esses referidos tubérculos e o processo transverso delimitam os pronunciados e circulares **forames transversários**. Estas passagens protegem as *artérias vertebrais* e *veias vertebrais*, importantes vasos sangüíneos que suprem o encéfalo.

Esta descrição seria adequada para identificar todas as vértebras cervicais, exceto as duas primeiras. Quando as vértebras cervicais C III-C VII se articulam, seus corpos vertebrais encaixados permitem um grau de flexibilidade relativamente maior do que o de outras regiões. As duas primeiras vértebras cervicais são diferentes e a sétima é modificada. A Tabela 6.3 resume as características das vértebras cervicais.

O atlas (C I) [Figura 6.23a,b] Articulando-se com os côndilos occipitais do crânio por meio da face articular superior, o **atlas** (C I) sustenta a cabeça (Figura 6.23a,b). Esta vértebra leva o nome de Atlas, o personagem da mitologia grega que sustentava o mundo nas costas. A articulação entre os côndilos occipitais e o atlas permite o movimento de flexão e extensão da cabeça, mas evita os movimentos de rotação. O atlas pode ser diferenciado de outras vértebras pelas seguintes características: (1) ausência de corpo, (2) presença de **arcos vertebrais anterior** e **posterior**, semicirculares, contendo respectivamente um **tubérculo anterior** e um **tubérculo posterior**, (3) presença de **faces articulares superiores**, ovais, e de **faces articulares inferiores**, circulares, e (4) o maior forame vertebral, em comparação com qualquer outra vértebra. Estas modificações oferecem maior espaço livre para a medula espinal, o que evita danos à medula durante o amplo espectro de movimentos possíveis nesta região da coluna vertebral.

O atlas articula-se com a segunda vértebra cervical, o *áxis*. Esta articulação permite a rotação da cabeça.

O áxis (C II) [Figura 6.23c-f] Durante o desenvolvimento, o corpo do atlas funde-se ao corpo da segunda vértebra cervical, denominada **áxis** (C II) (Figura 6.23c,d). Esta fusão dá origem ao **dente do áxis**, ou "*processo odontóide*" (*odontos*, dente). Portanto, não há disco intervertebral entre o atlas e o áxis. O *ligamento transverso* do atlas prende o dente do áxis à fóvea do dente no atlas, formando um pivô (articulação trocóidea) para a rotação do atlas e do crânio em relação ao restante da coluna vertebral. Isso permite que se vire a cabeça de um lado para o outro, como ao sinalizar "não" (Figura 6.23e,f). Importantes músculos que controlam a posição da cabeça e do pescoço inserem-se no processo espinhoso do áxis, que é especialmente resistente.

Em crianças, a fusão do dente do áxis está incompleta e, conseqüentemente, impactos ou movimentos bruscos podem causar deslocamento do dente do áxis e grave lesão da medula espinal. No adulto, golpes na base do crânio podem ser igualmente perigosos, pois o deslocamento da articulação atlantoaxial pode forçar o dente do áxis para dentro da cavidade e lesar a base do encéfalo, com conseqüências fatais.

Vértebra proeminente (C VII) [Figuras 6.22a/6.24a] A transição entre as regiões da coluna vertebral não é abrupta, e a última vértebra de cada região geralmente assemelha-se à primeira vértebra da região seguinte. A **vértebra proeminente** (C VII) apresenta um processo espinhoso longo e delgado cuja extremidade apresenta uma saliência larga que pode ser detectada à palpação da pele, na base do pescoço. Essa vértebra, mostrada nas Figuras 6.22a e 6.24a, é a interface entre a curvatura cervical e a curvatura torácica. Os processos transversos são grandes, oferecendo área de superfície adicional para inserção muscular, e os forames transversários podem estar reduzidos ou ausentes. Um grande ligamento elástico, o **ligamento nucal**, inicia-se na vértebra proeminente e estende-se superiormente para fixar-se ao longo da crista occipital externa. No seu trajeto, esse ligamento fixa-se aos processos espinhosos de outras vértebras. Quando a cabeça está ereta, esse ligamento atua como a corda de um arco, mantendo a curvatura cervical sem esforço muscular. Durante a flexão do pescoço, a elasticidade desse ligamento contribui para o retorno da cabeça à sua posição ereta original.

A cabeça apresenta dimensões relativamente grandes e se apóia sobre as vértebras cervicais, em uma imagem comparável a um pote redondo apoiado na ponta de um dedo. Esta disposição permite que pequenos músculos produzam efeitos significativos na cabeça mantendo seu equilíbrio para um lado ou outro. Entretanto, se o corpo modifica a sua posição repentinamente, como em uma queda ou durante grande aceleração (decolagem de um jato) ou desaceleração (batida de carro), a ação dos músculos responsáveis por este equilíbrio não é suficiente para estabilizar a posição da cabeça. Pode ocorrer deslocamento parcial ou completo das vértebras cervicais, com graves lesões de músculos, ligamentos e inclusive da medula espinal. A expressão **"lesão em chicote"** é utilizada para descrever este tipo de impacto, uma vez que o movimento da cabeça é semelhante ao de um chicote.

Vértebras torácicas [Figura 6.24 e Tabela 6.3]

Há 12 **vértebras torácicas**. Uma vértebra torácica típica (Figura 6.24) apresenta um corpo em formato de coração e maior em comparação com uma vértebra cervical. Os forames vertebrais são relativamente menores, e os processos espinhosos longos e delgados estendem-se póstero-inferiormente. Os processos espinhosos de T X, T XI e T XII, de modo crescente, assemelham-se àqueles da região lombar, conforme a aproximação da transição entre estas duas regiões. Devido ao peso sustentado pelas curvaturas torácica e lombar, é difícil a estabilização na transição entre estas curvaturas. Como resultado, fraturas ou deslocamentos por compressão, após uma queda, por exemplo, freqüentemente envolvem as últimas vértebras torácicas e as primeiras duas vértebras lombares.

Cada vértebra torácica articula-se com costelas ao longo da região póstero-lateral do seu corpo. A localização e a estrutura da articulação apresentam alguma variação de vértebra para vértebra (Figura 6.24b,c). As vértebras torácicas de T I a T VIII apresentam **fóveas costais inferiores** e **superiores**, articulando-se com os dois pares de costelas. As vértebras de T IX a T XII têm apenas uma fóvea costal em cada lado.

As vértebras de T I a T X são relativamente espessas e nas regiões ântero-laterais dos processos transversos apresentam **fóveas costais** (**do processo transverso**) para articulação com os tubérculos das costelas. Assim, as costelas de I a X estão em contato com as respectivas vértebras em dois pontos: em uma fóvea costal superior ou inferior e uma fóvea costal do processo transverso. Esta dupla articulação com as costelas limita a mobilidade das vértebras torácicas. A Tabela 6.3, pág. 163, resume as características das vértebras torácicas.

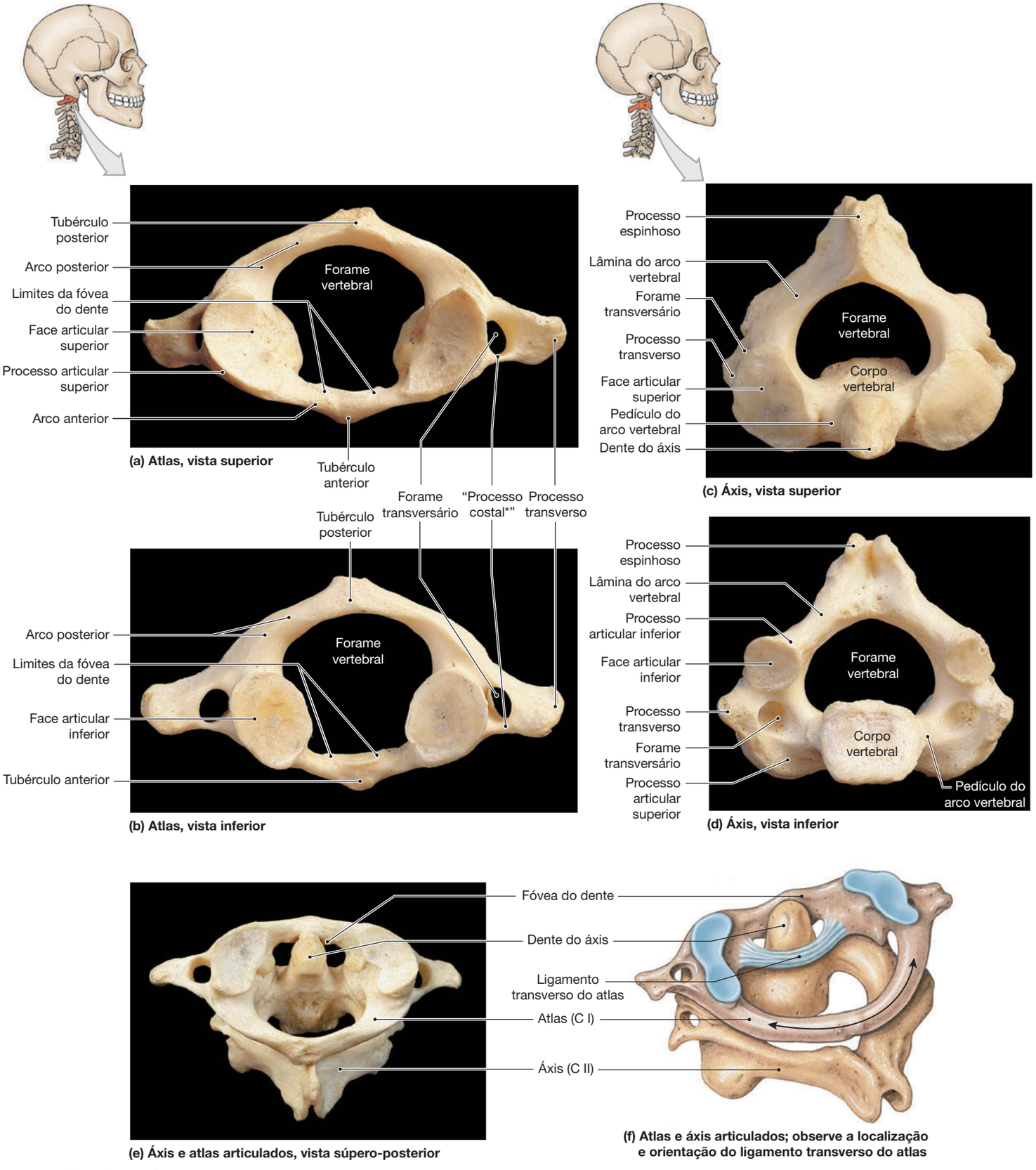


Figura 6.23 Atlas e áxis.
Características anatômicas únicas das vértebras C I (atlas) e C II (áxis). O atlas pode ser observado em **(a)** vista superior e **(b)** vista inferior. O áxis pode ser visto em **(c)** vista superior e **(d)** vista inferior. **(e)** Atlas e áxis articulados, em vista súpero-posterior. **(f)** Atlas (C I) e áxis (C II) articulados, mostrando o ligamento transverso do atlas que prende o dente do áxis em posição na fóvea do dente, no atlas.

* N. de R.T. O aqui denominado "processo costal" corresponde à expansão do tubérculo anterior do processo transverso presente nas vértebras cervicais, sendo limite anterior do forame transversário. É considerado como vestígio evolutivo de costelas cervicais.

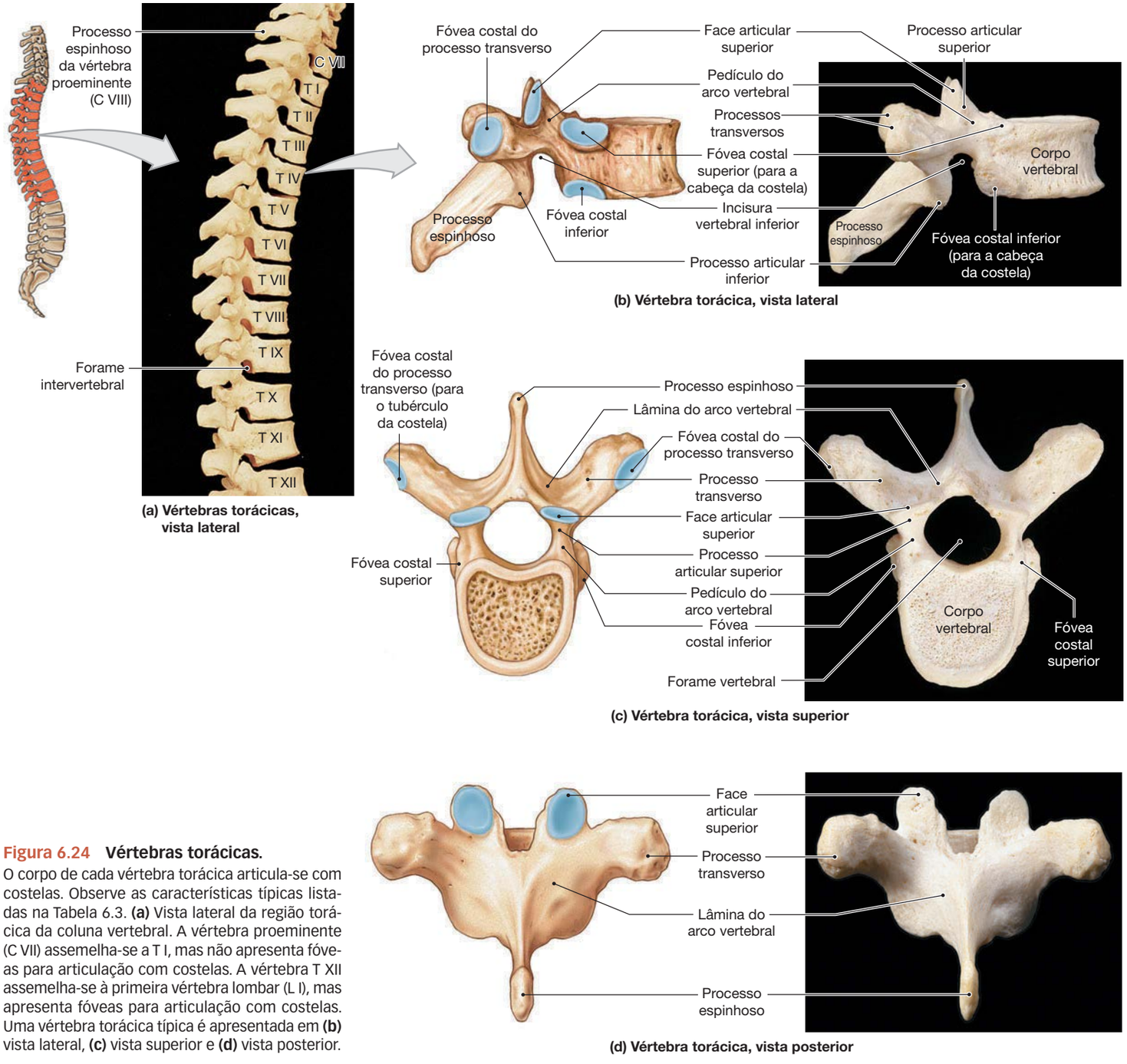


Figura 6.24 Vértebras torácicas.
O corpo de cada vértebra torácica articula-se com costelas. Observe as características típicas listadas na Tabela 6.3. **(a)** Vista lateral da região torácica da coluna vertebral. A vértebra proeminente (C VII) assemelha-se a T I, mas não apresenta fóveas para articulação com costelas. A vértebra T XII assemelha-se à primeira vértebra lombar (L I), mas apresenta fóveas para articulação com costelas. Uma vértebra torácica típica é apresentada em **(b)** vista lateral, **(c)** vista superior e **(d)** vista posterior.

Vértebras lombares [Figura 6.25 e Tabela 6.3]

As **vértebras lombares** são as maiores vértebras. O corpo de uma vértebra lombar típica (Figura 6.25) é mais espesso do que o de uma vértebra torácica, e as superfícies inferior e superior são mais ovais, perdendo o formato de coração. Não há fóveas ou faces articulares em nenhum dos lados do corpo vertebral ou no processo transverso, e o forame vertebral é triangular. Os processos costiformes são delgados e projetam-se póstero-lateralmente; os processos espinhosos são curtos e espessos e projetam-se posteriormente.

As vértebras lombares sustentam a maior parte do peso do corpo. Assim, lesões de compressão nas vértebras ou nos discos intervertebrais ocorrem com maior freqüência nesta região. A lesão mais comum é a laceração ou ruptura dos tecidos conectivos do disco intervertebral; essa lesão é conhecida como hérnia de disco. Os massudos processos espinhosos das vértebras lombares constituem superfície para a inserção dos músculos lombares que reforçam ou ajustam a curvatura lombar. A Tabela 6.3, pág. 163, resume as características das vértebras lombares.

O sacro [Figura 6.26]

O **sacro** (Figura 6.26) é composto por cinco vértebras sacrais fundidas. Este processo de fusão vertebral inicia-se logo após a puberdade e geralmente está completo entre 25 e 30 anos de idade. Uma vez completada a

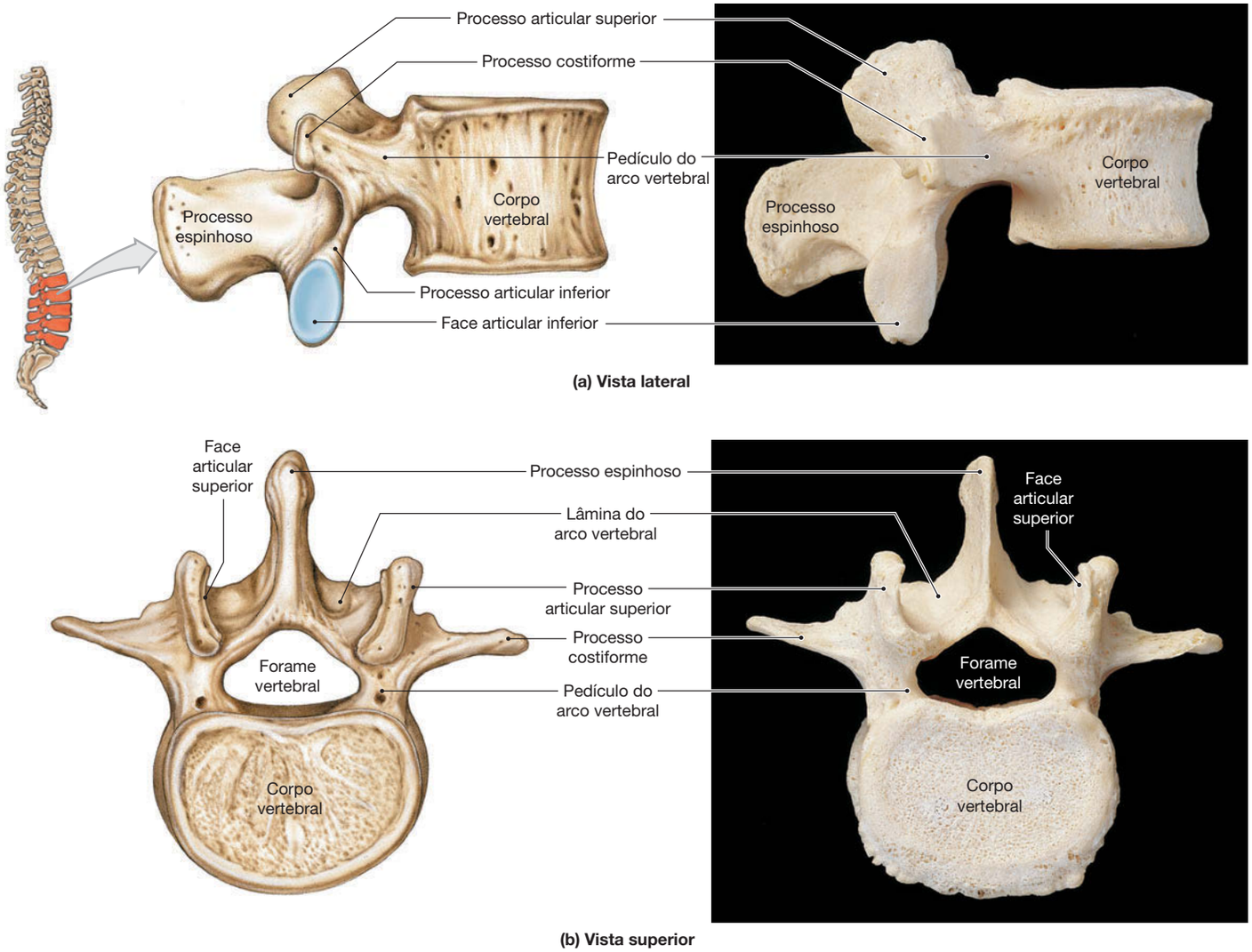


Figura 6.25 Vértebras lombares.
As vértebras lombares são as maiores vértebras e sustentam a maior parte do peso do corpo. Uma vértebra lombar típica é apresentada em **(a)** vista lateral e **(b)** vista superior.

Nota clínica

Espinha bífida Durante a terceira semana de desenvolvimento embrionário, os arcos vertebrais formam-se ao redor da medula espinal em desenvolvimento. Em uma alteração denominada **espinha bífida** (*bifidus*, bipartido), o mais comum dos defeitos do tubo neural (DTN), uma parte da medula espinal desenvolve-se de maneira anormal, de modo que os arcos vertebrais adjacentes não se unem. Com o arco vertebral incompleto, as meninges (membranas) que revestem a cavidade dorsal do corpo projetam-se para fora. Esta é a anomalia de desenvolvimento do sistema nervoso mais comum, ocorrendo em uma proporção de até 4 casos por 1.000 nascimentos. (Veja o Resumo de Embriologia no Capítulo 28, para ilustração desta alteração.) Tanto os fatores hereditários quanto os relacionados à dieta da mãe, particularmente a quantidade de ácido fólico presente antes e durante os primeiros meses de gestação, têm sido relacionados aos DTN. Mulheres que podem vir a engravidar são aconselhadas a tomar 400 microgramas de ácido fólico diariamente e, como medida auxiliar, alimentos como farinha, arroz e milho têm sido suplementados com ácido fólico desde 1998 nos Estados Unidos*. Provavelmente como resultado disso, a incidência de DTN neste país caiu cerca de 19% entre 1998 e 2001.

A região afetada e a severidade da alteração variam muito. É mais comum a ocorrência na região torácica inferior, na lombar ou na sacral, geralmente envolvendo entre três e seis vértebras. Graus variáveis de paralisia ocorrem distalmente à vértebra afetada. Casos de grau leve envolvendo as regiões lombar e sacral podem passar despercebidos, uma vez que a função neural não é significativamente comprometida e a presença da "gordura infantil" pode mascarar a ausência de alguns processos espinhosos. Quando a espinha bífida é diagnosticada, reparos cirúrgicos podem fechar o espaço da parede vertebral. Casos severos envolvendo toda a coluna vertebral e o crânio refletem grandes problemas com a formação da medula espinal e do encéfalo. Esses problemas neurais em geral acarretam a morte do feto antes do nascimento; crianças nascidas com tais defeitos de desenvolvimento raramente sobrevivem mais que algumas horas ou dias.

* N. de R.T. No Brasil, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) publicou no Diário Oficial da União a Resolução (RDC) nº 344, datada de 13/12/2002, tornando obrigatória a fortificação das farinhas de trigo e milho com ferro e ácido fólico pelas indústrias produtoras.

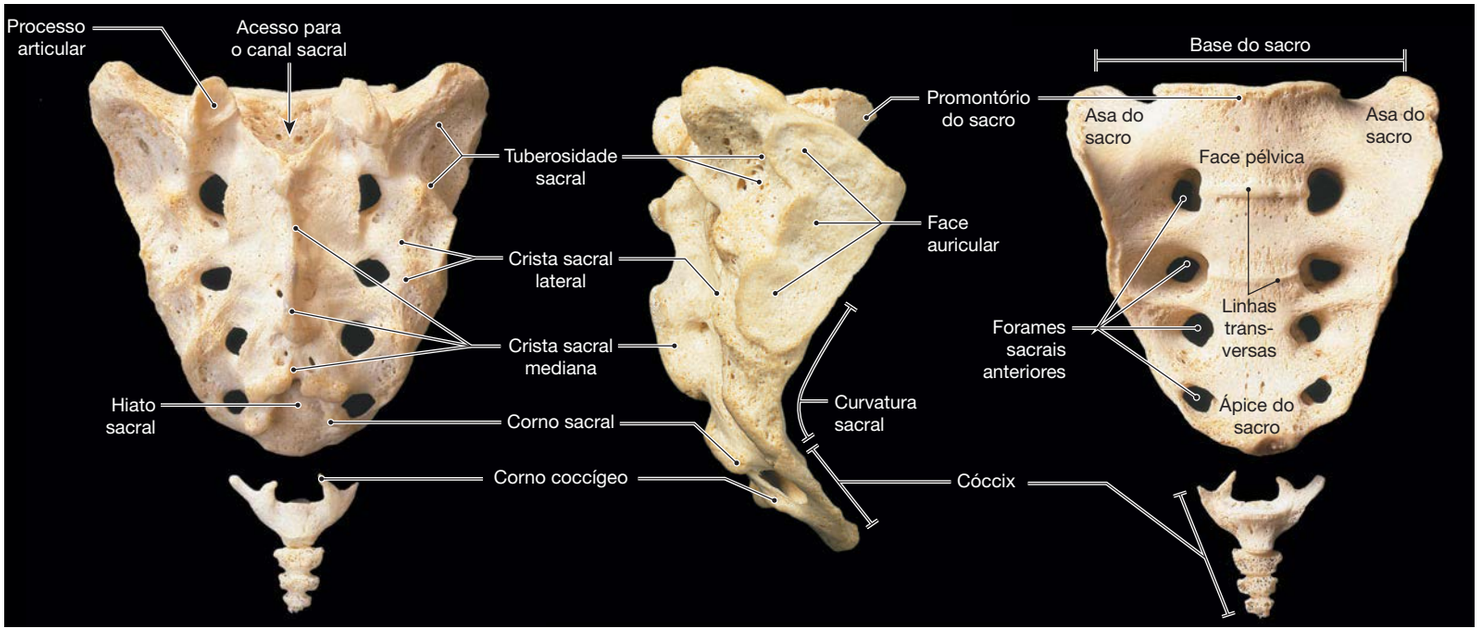


Figura 6.26 O sacro e o cóccix.
Vértebras fundidas formam o sacro e o cóccix do adulto. Estes ossos são apresentados em **(a)** vista posterior, **(b)** vista lateral direita e **(c)** vista anterior.

fusão, *linhas transversas* proeminentes marcam o limite entre as vértebras individuais, na face pélvica. Esta estrutura composta protege os órgãos genitais, digestórios e urinários; por meio de articulações pares, fixam o esqueleto axial ao cíngulo do membro inferior do esqueleto apendicular. A superfície larga do sacro oferece extensa superfície para inserção de músculos, especialmente aqueles responsáveis pela movimentação da coxa.

O sacro é curvo, com a face dorsal convexa (Figura 6.26a). A porção inferior, estreita, é denominada **ápice do sacro**, enquanto a superfície superior, larga, é denominada **base do sacro**. O **promontório do sacro**, uma proeminência na margem anterior da base, é um referencial importante em mulheres durante exames pélvicos e trabalho de parto. Os **processos articulares superiores** da primeira vértebra sacral formam articulações sinoviais com a última vértebra lombar. O **canal sacral** inicia-se entre esses processos e estende-se ao longo do comprimento do sacro. Nervos espinais e as meninges que revestem a medula espinal no canal vertebral se continuam no canal sacral.

Os processos espinhosos das cinco vértebras fundidas formam uma série de elevações ao longo da **crista sacral mediana**. As lâminas do arco vertebral da quinta vértebra sacral não chegam a se unir na linha mediana, e formam os **cornos sacrais**. Estas saliências estabelecem as margens do **hiato sacral**, terminação do canal sacral. Em vida, esta abertura é recoberta por tecido conectivo. De cada um dos lados da crista sacral mediana estão os **forames sacrais posteriores**. Os forames intervertebrais, agora delimitados pelas vértebras sacrais fundidas, abrem-se nestas vias de passagem. As largas **asas do sacro** estendem-se bilateralmente a partir de cada **crista sacral lateral**. As cristas sacrais mediana e laterais oferecem superfície para inserção de músculos do dorso e do quadril.

Vista lateralmente (Figura 6.26b), a *curvatura sacral* é mais aparente. O grau de curvatura é maior em homens do que em mulheres (ver Tabela 7.1, pág. 201). Lateralmente, a **face auricular** do sacro articula-se com o cíngulo do membro inferior, constituindo a **articulação sacroilíaca**. Posteriormente à face auricular encontra-se uma área rugosa, a **tuberosidade sacral**, que marca o local de fixação de um ligamento que estabiliza esta articulação. A *face pélvica* do sacro é côncava e anterior (Figura 6.26c). No ápice do sacro, uma área plana corresponde ao local da articulação com o *cóccix*. O formato em cunha do osso sacro oferece uma base sólida para a transferência do peso do corpo do esqueleto axial para o cíngulo do membro inferior.

O cóccix [Figura 6.26]

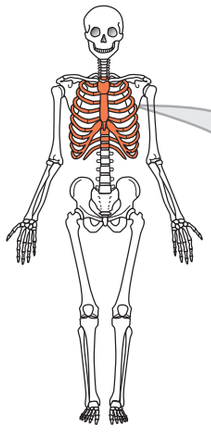
O pequeno **cóccix** é composto de três a cinco (mais freqüentemente quatro) vértebras coccígeas que em geral começam a fundir-se em torno dos 26 anos de idade (Figura 6.26). O cóccix oferece superfície de fixação para diversos ligamentos e inserção para um músculo que constringe a abertura do canal anal (ânus). As duas primeiras vértebras coccígeas apresentam processos transversos e arcos vertebrais não-fundidos. As proeminentes lâminas do arco vertebral da primeira vértebra coccígea são conhecidas como **cornos coccígeos**, que se curvam para encontrar os cornos sacrais. As vértebras coccígeas não completam sua fusão até a idade adulta tardia. Em homens adultos, o cóccix é voltado anteriormente, enquanto em mulheres é voltado inferiormente. Em indivíduos idosos, o cóccix pode fundir-se com o sacro.

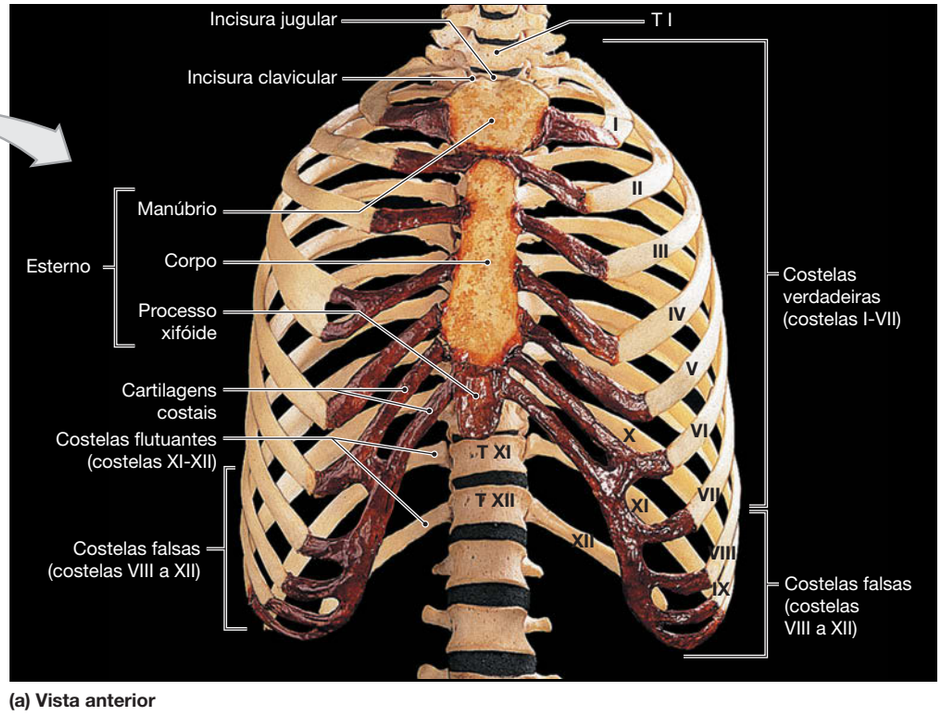
O esqueleto do tórax (caixa torácica) [Figura 6.27]

O esqueleto do tórax, ou **caixa torácica**, é constituído pelas vértebras torácicas, pelas *costelas* e pelo *esterno* (Figura 6.27a,c). As **costelas** e o esterno formam a parede óssea ântero-lateral da cavidade torácica. Esta cavidade é estreita superiormente, larga inferiormente e relativamente estreita na direção ântero-posterior. O esqueleto do tórax serve a duas funções:

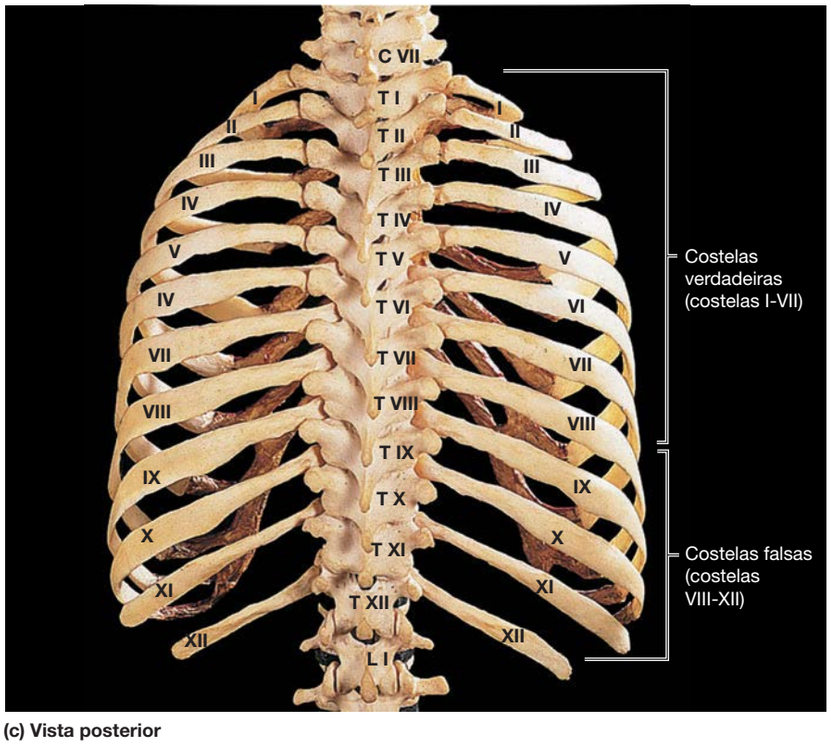
- Protege o coração, os pulmões, o timo e outras estruturas na cavidade torácica; e
- Serve como região de inserção para músculos envolvidos com (1) a respiração, (2) o posicionamento da coluna vertebral e (3) a movimentação do cíngulo do membro superior.

Figura 6.27 A caixa torácica.
(a) Vista anterior da caixa torácica. **(b)** Vista superior da articulação entre uma vértebra torácica e a cabeça e o tubérculo de uma costela esquerda. **(c)** Vista posterior da caixa torácica. **(d)** Vista póstero-medial mostrando os principais referenciais anatômicos em uma costela esquerda isolada (décima costela).

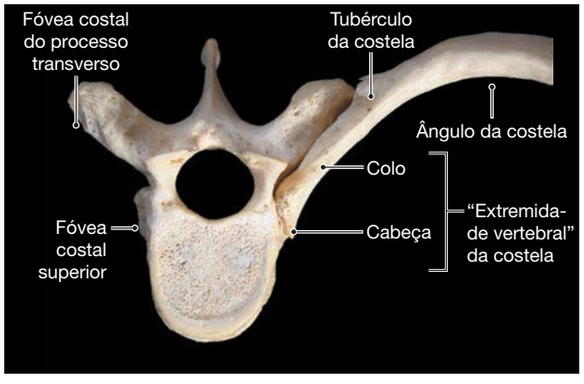




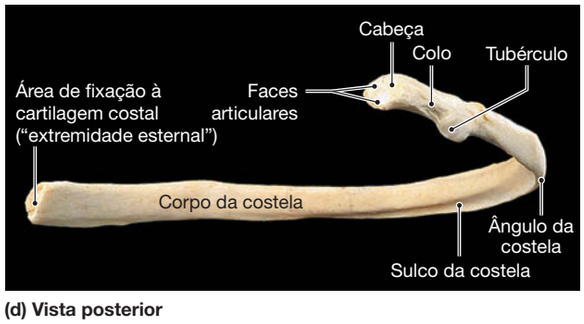
(a) Vista anterior



(c) Vista posterior



(b) Vista superior



(d) Vista posterior

As costelas [Figuras 6.24/6.27]

As **costelas** são ossos alongados, curvos e aplanados que se estendem desde as vértebras torácicas até a parede torácica anterior. Existem 12 pares de costelas (Figura 6.27). Os primeiros sete pares são denominados **costelas verdadeiras** (ou "*vertebroesternais*"). Na parede anterior do corpo, as costelas verdadeiras fixam-se ao osso esterno por cartilagens individuais, as **cartilagens costais**. Iniciando-se com a primeira costela, as costelas verdadeiras gradualmente aumentam em comprimento e no raio de curvatura.

As costelas de VIII a XII são denominadas **costelas falsas** (ou "*vertebrocondrais*"), pois não se fixam diretamente ao esterno. As cartilagens costais das costelas VIII a X fundem-se antes de alcançar o esterno (Figura 6.27a). As últimas duas costelas são denominadas **costelas flutuantes**, pois não se articulam com o esterno.

A Figura 6.27b mostra a superfície superior da "extremidade vertebral" de uma costela típica. A **cabeça da costela** articula-se com o corpo de uma vértebra torácica ou entre corpos vertebrais adjacentes. Após o **colo**, o **tubérculo da costela** projeta-se posteriormente. A parte inferior

Nota clínica

Fraturas de costelas Impactos bruscos na região do tronco são relativamente comuns, e as costelas geralmente absorvem toda a força de contato.

As costelas são ossos compostos de substância esponjosa com um revestimento delgado de substância compacta. São firmemente unidas por tecido conectivo e por camadas musculares. Como resultado, fraturas com deslocamento são incomuns, e a recuperação das lesões costais geralmente é rápida e efetiva. Em situações mais graves, uma costela fraturada pode lesar órgãos internos. A entrada de ar em uma das cavidades pleurais determina uma alteração denominada **pneumotórax**, que pode levar ao colabamento do pulmão. A lesão de um vaso sangüíneo ou mesmo do coração pode causar sangramento na cavidade pleural, uma condição denominada hemotórax. O **hemotórax** também pode causar prejuízo da função respiratória por acúmulo de sangue e compressão dos pulmões.

do tubérculo contém uma face articular em contato com o processo transverso da vértebra torácica. Quando uma costela articula-se com duas vértebras adjacentes, sua superfície articular é dividida em **faces articulares superior** e **inferior** pela **crista da cabeça da costela** (Figura 6.27c,d). As costelas I a X articulam-se com as fóveas costais dos corpos das vértebras T I a T X, e a face articular do tubérculo da costela articula-se com a fóvea costal do processo transverso da sua respectiva vértebra. As costelas XI e XII articulam-se com as fóveas costais dos corpos das vértebras T XI e T XII. Os tubérculos destas costelas não apresentam face articular e não se articulam com os processos transversos. A diferença da orientação e articulação das costelas com a coluna vertebral pode ser observada ao se comparar as Figuras 6.24, pág. 166, e 6.27c,d.

A inclinação, ou **ângulo da costela**, indica a localização na qual o **corpo da costela** inicia sua curvatura em direção ao esterno. A superfície interna da costela é côncava, e o proeminente **sulco da costela** ao longo da sua margem inferior marca o trajeto de nervos e vasos sangüíneos. A superfície externa é convexa e permite inserção de músculos do cíngulo do membro superior e do tronco. Os *músculos intercostais* que movimentam as costelas estão inseridos nas margens superior e inferior.

Com sua complexa musculatura, articulações duplas com as vértebras e conexões flexíveis com o esterno, as costelas são bastante móveis. Observe o modo como as costelas descrevem uma curvatura que se distancia da coluna vertebral e inclina-se inferiormente. Funcionalmente, uma costela típica age como se fosse a alça de um balde, ligeiramente inclinada para baixo em relação ao plano transversal. O seu abaixamento causa uma força no sentido interno; a elevação ocasiona uma movimentação no sentido externo. O abaixamento das costelas movimenta o esterno no sentido posterior (para dentro), enquanto sua elevação o movimenta no sentido anterior (para fora). Como resultado, o movimento das costelas afeta tanto a largura quanto a profundidade da caixa torácica, aumentando ou diminuindo o volume da cavidade.

O esterno [Figura 6.27a]

O **esterno** adulto é um osso plano que se forma na linha mediana da parede torácica anterior (Figura 6.27a). O esterno apresenta três componentes:

- O **manúbrio** do esterno, largo e triangular, articula-se com a *clavícula* do esqueleto apendicular e com as cartilagens costais do primeiro par de costelas*. O manúbrio é a parte mais larga e superior do esterno. A incisura jugular é a reentrância rasa na margem superior do manúbrio e está localizada entre as incisuras claviculares.
- O **corpo do esterno** apresenta formato alongado, fixa-se à margem inferior do manúbrio e estende-se inferiormente ao longo da linha mediana. Cartilagens costais individuais dos pares de costelas II a VII são fixas a esta parte do esterno. Os pares de costelas VIII a X também são fixos ao corpo, porém por meio de um único par de cartilagens, compartilhados com o par VII.
- O **processo xifóide**, a menor parte do esterno, é fixo à margem inferior do corpo. O *diafragma* e o *músculo reto do abdome* inserem-se parcialmente ao processo xifóide.

A formação do esterno inicia-se em 6 a 10 diferentes centros de ossificação, e a fusão não se completa até os 25 anos de idade. Em indivíduos com menos de 25 anos, o esterno consiste em quatro ossos individuais. Seus limites podem ser detectados como uma série de linhas transversas cruzando o esterno do adulto. O processo xifóide é geralmente o último componente do esterno a se ossificar e se fundir aos demais. Sua ligação ao corpo do esterno pode ser rompida por impacto ou forte pressão, criando uma lasca óssea que pode lesar gravemente o fígado. No intuito de se evitar este tipo de acidente, durante os treinamentos de ressuscitação cardiopulmonar (RCP), muita ênfase é voltada para a atenção no posicionamento adequado das mãos durante a realização dos procedimentos de massageamento para estimulação cardíaca.

* N. de R.T. As cartilagens costais do segundo par de costelas se articulam com o manúbrio e o corpo, junto ao ângulo do esterno. Este é um referencial anatômico importante em clínica.

Nota clínica

Caixa torácica e procedimentos cirúrgicos Cirurgias cardíacas, pulmonares ou em outros órgãos do tórax geralmente envolvem o acesso à cavidade torácica. A mobilidade das costelas e suas ligações cartilagíneas ao esterno permitem que sejam temporariamente mantidas em afastamento. Afastadores costais especiais são utilizados, abrindo espaço entre as costelas, em um funcionamento que pode ser comparado metaforicamente à ação de um macaco mecânico que ergue o carro do chão para efetuar a troca de um pneu. Quando um acesso mais amplo se faz necessário, as cartilagens costais podem ser seccionadas e todo o esterno pode ser seccionado e afastado. Uma vez reposicionadas, as cartilagens voltam a unir-se por tecido cicatricial, e as costelas são reparadas de modo relativamente rápido.

Após cirurgia torácica, **drenos** devem penetrar a cavidade torácica para permitir o escoamento de líquido acumulado. Para colocar um dreno ou obter amostras de líquido pleural, é necessário atravessar a parede do tórax. Este processo, denominado **toracocentese**, envolve a punção da parede torácica ao longo da margem superior de uma das costelas. Incisões nestes locais evitam danos a vasos e nervos que fazem trajeto ao longo do sulco da costela.

REVISÃO DOS CONCEITOS

1. José sofreu um trincamento na base do dente do áxis. Que vértebra foi fraturada e onde está localizada?
2. Procedimentos de RCP (ressuscitação cardiopulmonar) realizados inadequadamente podem resultar na fratura de qual osso?
3. Quais são as cinco regiões da coluna vertebral?
4. Liste as curvaturas da coluna vertebral da região superior para a inferior.

Veja a seção de Respostas na parte final do livro.

TERMOS CLÍNICOS

Cifose: Exagero da curvatura torácica da coluna vertebral que produz a aparência de corcunda.

Cranioestenose: Fechamento prematuro de uma ou mais suturas que pode levar a distorções na conformação do crânio.

Desvio de septo nasal: Presença de curvatura no septo nasal que pode tornar mais lenta ou bloquear a drenagem dos seios paranasais.

Dreno: Um tubo de drenagem introduzido para permitir remoção de sangue e líquido pleural.

Escoliose: Curvatura lateral anormal da coluna vertebral, para a direita ou esquerda.

Espinha bífida: Alteração resultante de falha na união das lâminas dos arcos vertebrais durante o desenvolvimento; é freqüentemente associada a anomalias de desenvolvimento do encéfalo e da medula espinal.

Hemotórax: Sangramento na cavidade pleural.

Lesão "em chicote": Lesão resultante de modificação repentina da posição do corpo, podendo danificar as vértebras cervicais.

Lordose: Exagero da curvatura lombar dando a aparência de região glútea "avantajada".

Microcefalia: Redução das proporções da cabeça resultante de anomalia genética ou de desenvolvimento.

Pneumotórax: Entrada de ar na cavidade pleural.

Sinusite: Inflamação e congestão dos seios paranasais.

Toracocentese: Drenagem de líquidos do interior da cavidade torácica ao longo da margem superior de uma das costelas.

RESUMO PARA ESTUDO

Introdução 134

1. O sistema esquelético consiste no esqueleto axial e no esqueleto apendicular. O **esqueleto axial** pode ser subdividido em **crânio** e **ossos associados** (**ossículos da audição** e **hióide**), **coluna vertebral** e **caixa torácica**, composta pelas costelas e pelo esterno. *(ver Figura 6.1)*
2. O **esqueleto apendicular** inclui o **cíngulo do membro superior** e o **cíngulo do membro inferior** que sustentam e anexam os ossos dos membros superiores e inferiores ao tronco. *(ver Figura 6.1)*

O crânio e ossos associados 135

1. O **crânio** é composto pelo *neurocrânio* e pelo *viscerocrânio* (ossos da face). Os ossos do crânio protegem o encéfalo e limitam as entradas para os sistemas digestório e respiratório. Oito ossos formam o **neurocrânio**, que contém a **cavidade do crânio**, uma parte da cavidade dorsal do corpo. Os **ossos da face** protegem e limitam as entradas para os sistemas respiratório e digestório. *(ver Figuras 6.2-6.15 e Tabelas 6.1/6.2)*
2. Referenciais anatômicos proeminentes no crânio incluem as suturas **lambdóidea**, **sagital**, **coronal**, **escamosa** e **frontonasal**. As **suturas** são articulações fibrosas sem mobilidade que unem os ossos do crânio. *(ver Figuras 6.3a-d e Tabelas 6.1/6.2)*

Ossos do crânio 142

3. Para articulações de ossos do neurocrânio com outros ossos cranianos, *ver Tabela 6.2.*
4. O **osso occipital** forma parte da base do crânio. Ele apresenta o **forame magno** e forma parte do limite do **forame jugular**. *(ver Figuras 6.3a-c,e/6.6a,b)*
5. O **osso parietal** forma parte das superfícies superior e lateral do crânio. *(ver Figuras 6.3b,c/6.5/6.6c)*
6. O **osso frontal** forma a fronte ("testa") e o teto das órbitas. *(ver Figuras 6.3b-d/6.5/6.7)*
7. O **osso temporal** forma parte do limite do forame jugular e apresenta o **canal carótico**. A espessa **parte petrosa** do osso temporal contém a cavidade timpânica que abriga os ossículos da audição. Os **ossículos da audição** transferem as vibrações sonoras da membrana timpânica a uma câmara repleta de líquido na orelha interna. *(ver Figuras 6.3c-e/6.8/18.10)*
8. O **esfenóide** contribui para formar a base do crânio. É uma ponte entre os ossos do neurocrânio e os ossos da face. **Nervos ópticos** passam através do **canal óptico**, no esfenóide, para atingir o encéfalo. **Processos pterigóides** formam **lâminas** que servem para inserção de músculos que movimentam a mandíbula e o palato mole. *(ver Figuras 6.3c-e/6.4/6.9)*
9. O **etmóide** é um osso de formato irregular que forma parte da parede da órbita e o teto da cavidade nasal. A **lâmina cribriforme do etmóide** apresenta forames para a passagem dos nervos olfatórios. A **lâmina perpendicular** forma parte do *septo nasal. (ver Figuras 6.3d/6.4/6.5/6.10)*
10. **Fossas do crânio** são as depressões curvas na base interna do crânio que acompanham intimamente o formato do encéfalo. A **fossa anterior do crânio** é formada pelo osso frontal, pelo etmóide e pelas **asas menores** do esfenóide. A **fossa média do crânio** é formada pelos ossos esfenóide, temporal e parietal. A **fossa posterior do crânio** é formada principalmente pelo osso occipital, com contribuições dos ossos temporal e parietal. *(ver Figura 6.11)*

Ossos da face 148

11. Para articulações de ossos da face com outros ossos cranianos, *ver Tabela 6.2.*
12. As **maxilas** direita e esquerda são os maiores ossos da face. *(ver Figuras 6.3d/6.12)*
13. Os **ossos palatinos** são pequenos ossos em formato de L que constituem a porção posterior do palato duro e contribuem para formar o soalho da órbita. *(ver Figuras 6.3e/6.13)*
14. O par de **ossos nasais** articula-se com o osso frontal na linha mediana e com cartilagens que formam as margens superiores das **asas do nariz**. *(ver Figuras 6.3c,d/6.15/6.16)*
15. As **conchas nasais inferiores** situam-se lateralmente ao **septo nasal**, articuladas nas paredes laterais da cavidade nasal. As conchas nasais aumentam a área de superfície epitelial e criam turbulência no ar inspirado. A concha nasal superior e a concha nasal média do etmóide desempenham as mesmas funções. *(ver Figuras 6.3d/6.16)*
16. O **processo temporal do osso zigomático** articula-se com **o processo zigomático do osso temporal** para formar o **arco zigomático**. *(ver Figuras 6.3c,d e 6.15)*
17. Os **ossos lacrimais**, pareados, são os menores ossos do crânio e estão situados na região medial de cada órbita. Cada osso lacrimal apresenta um **sulco lacrimal** que, com a maxila adjacente a esse sulco, conduz ao **ducto lacrimonasal** que drena a lágrima na cavidade nasal. *(ver Figuras 6.3c,d/6.16)*
18. O **vômer** forma a porção inferior do septo nasal. Está apoiado no soalho da cavidade nasal e articula-se tanto com as maxilas quanto com os ossos palatinos ao longo da linha mediana. *(ver Figuras 6.3c,d/6.5/6.16)*
19. A **mandíbula** articula-se com o osso temporal constituindo a articulação temporomandibular (ATM). *(ver Figuras 6.3c,d/6.14)*

Os complexos orbital e nasal 151

20. Sete ossos formam cada **órbita**, um recesso ósseo que contém o olho: frontal, lacrimal, palatino, zigomático, etmóide, esfenóide e maxila. *(ver Figura 6.16)*
21. O **complexo nasal** inclui ossos e cartilagens que delimitam as cavidades nasais, direita e esquerda, e os seios paranasais. Os **seios paranasais**

são cavidades repletas de ar, que se comunicam com as cavidades nasais. Grandes seios paranasais estão presentes nos ossos frontal, esfenóide, etmóide e maxilas. *(ver Figuras 6.5/6.16)*

O osso hióide 154

22. O **hióide**, sustentado pelos **ligamentos estilo-hióideos**, é composto de um **corpo**, **cornos maiores** e **cornos menores**. O hióide serve como base para a inserção de diversos músculos relacionados à movimentação da língua e da laringe. *(ver Figura 6.17)*

Crânios de bebês, crianças e adultos 158

1. Conexões fibrosas, os **fontículos**, permitem que o crânio de bebês e crianças continue a crescer. *(ver Figura 6.18)*

A coluna vertebral 158

1. A **coluna vertebral** do adulto é composta de 26 ossos (24 *vértebras* individuais e móveis, o *sacro* e o *cóccix*). Existem 7 *vértebras cervicais* (a primeira articula-se com o occipital), 12 *vértebras torácicas* (que se articulam com as costelas) e 5 *vértebras lombares* (a quinta se articula com o sacro). O *sacro* e o *cóccix* são compostos de vértebras fundidas. *(ver Figuras 6.19 a 6.26)*

Curvaturas da coluna vertebral 159

2. A coluna vertebral apresenta quatro curvaturas: as curvaturas primárias (**cifoses**) **torácica** e **sacral**, também denominadas **"curvaturas de acomodação"**; as curvaturas secundárias (**lordoses**) **cervical** e **lombar**, também denominadas **"curvaturas de compensação"**. *(ver Figura 6.19)*

Anatomia vertebral 161

3. Uma vértebra típica apresenta um **corpo** espesso de sustentação; apresenta um **arco vertebral,** formado por **pedículos** e **lâminas**, que limita o espaço para a medula espinal; articula-se com outras vértebras nos **processos articulares superior** e **inferior**. *(ver Figura 6.21)*
4. Vértebras adjacentes são separadas por **discos intervertebrais**. Espaços entre pedículos dos arcos vertebrais adjacentes formam os **forames intervertebrais**, através dos quais passam os nervos espinais que se dirigem ou que partem da medula espinal. *(ver Figura 6.21)*

Regiões da coluna vertebral 162

5. As **vértebras cervicais** são diferenciadas pelo formato do corpo vertebral, pelo tamanho relativo do forame vertebral, pela presença de **processos transversos** com **forames transversários** e de **processos espinhosos** bífidos. *(ver Figuras 6.19/6.22/6.23 e Tabela 6.3)*
6. As **vértebras torácicas** apresentam corpos em formato de coração; processos espinhosos longos e delgados; e articulações com as costelas. *(ver Figuras 6.19/6.24)*
7. As **vértebras lombares** são as maiores e massudas, e de menor mobilidade; estão sujeitas às maiores tensões. *(ver Figuras 6.19/6.25)*
8. O **sacro** protege órgãos genitais, digestórios e urinários. Apresenta uma **face auricular** para articulação com o cíngulo do membro inferior. O sacro articula-se com o **cóccix** (*ver Figura 6.26.*)

O esqueleto do tórax (caixa torácica) 168

1. A **caixa torácica** é composta pelas vértebras torácicas, pelas costelas e pelo esterno. As costelas e o esterno formam as paredes anterior e laterais da caixa torácica. *(ver Figura 6.27a,c)*

As costelas 169

2. As **costelas** de I a VII são **verdadeiras**, ou "*vértebroesternais*". As **costelas** de VIII a XII são chamadas de **falsas**, ou "*vertebrocondrais*". Os dois últimos pares são as chamadas **costelas flutuantes**. A cabeça da costela, na "*extremidade vertebral*" de uma costela típica, é a parte que se articula com a coluna vertebral. Após o **colo**, o **tubérculo da costela** projeta-se posteriormente. O **ângulo da costela** indica a localização na qual o corpo da costela inicia sua curvatura em direção ao esterno. Um proeminente sulco da costela ao longo da sua margem inferior marca o trajeto de nervos e vasos sangüíneos. *(ver Figuras 6.24/6.27)*

O esterno 170

3. O **esterno** é composto pelo **manúbrio**, pelo **corpo** e pelo **processo xifóide**. *(ver Figura 6.27a)*

REVISÃO DO CAPÍTULO

Para respostas às questões da Revisão dos Conceitos e Revisão do Capítulo, veja a seção de Respostas na parte final do livro.

Nível 1 – Revisão de fatos e termos

Associe cada item numerado com a letra do item que melhor se relaciona. Utilize letras para as respostas nos espaços apropriados.

Coluna A	**Coluna B**
__ 1. sutura	a. mandíbula
__ 2. forame magno	b. limite entre os ossos do crânio
__ 3. processo mastóide	c. maxila
__ 4. canal óptico	d. vértebras cervicais
__ 5. crista etmoidal	e. osso occipital
__ 6. processo condilar	f. esterno
__ 7. forame transversário	g. vértebras torácicas
__ 8. fóvea costal	h. osso temporal
__ 9. manúbrio	i. etmóide
__10. arco dental superior	j. esfenóide

11. Qual(is) dos seguintes itens é(são) verdadeiro(s) para o etmóide?
    (a) apresenta a crista etmoidal
    (b) apresenta a lâmina cribriforme
    (c) serve como fixação anterior para a foice do cérebro
    (d) todos os anteriores
12. Qual dos seguintes itens se aplica à sela turca?
    (a) sustenta e protege a hipófise
    (b) está ligada diretamente e lateralmente pelo forame espinhoso
    (c) assim como ocorre com o processo mastóide e cavidades aéreas, não se desenvolve antes do nascimento
    (d) todos os anteriores
13. A mandíbula articula-se com o osso temporal:
    (a) na fossa mandibular
    (b) no processo mastóide
    (c) no processo clinóide anterior
    (d) na lâmina cribriforme
14. O osso hióide:
    (a) serve para inserção de músculos que movimentam a língua
    (b) é parte da mandíbula
    (c) encontra-se inferiormente à laringe
    (d) articula-se com a maxila

15. A estrutura vertebral que apresenta um pedículo e uma lâmina, e a partir da qual projeta-se o processo espinhoso, é o:
    (a) corpo vertebral
    (b) processo transverso
    (c) processo articular inferior
    (d) arco vertebral

16. A função dos fontículos é:
    (a) permitir a compressão do crânio durante o nascimento
    (b) servir como centro de ossificação para os ossos da face
    (c) servir como placas ósseas finais do crânio
    (d) diminuir o peso dos ossos do crânio

17. O sacro:
    (a) oferece proteção para órgãos genitais, digestórios e urinários
    (b) sustenta a maior parte do peso da coluna vertebral
    (c) articula-se com o cíngulo do membro superior
    (d) é composto por vértebras que se encontram totalmente fundidas na puberdade

18. As paredes laterais que limitam o forame vertebral são formadas:
    (a) pelo corpo vertebral
    (b) pelo processo espinhoso
    (c) pelos pedículos do arco vertebral
    (d) pelas lâminas do arco vertebral

19. A parte do esterno que se articula com as clavículas é o:
    (a) manúbrio
    (b) corpo
    (c) processo xifóide
    (d) ângulo

20. O sulco proeminente ao longo da margem inferior da superfície interna da costela:
    (a) oferece área de inserção para os músculos intercostais
    (b) é denominado sulco da costela
    (c) marca o trajeto de nervos e vasos sangüíneos
    (d) alternativas (b) e (c) estão corretas

Nível 2 – Revisão de conceitos

1. As curvaturas primárias da coluna vertebral:
    (a) são também denominadas "curvaturas de compensação"
    (b) incluem a lordose lombar
    (c) desenvolvem-se em alguns meses após o nascimento
    (d) acomodam as vísceras torácicas e pélvicas

2. Observando-se a coluna vertebral, no sentido súpero-inferior, nota-se que o maior espaço livre para a medula espinal é oferecido pela vértebra C I. Qual é o motivo para esse espaço aumentado?

3. Qual é a relação existente entre a hipófise e o osso esfenóide?

4. As curvaturas secundárias da coluna vertebral desenvolvem-se alguns meses após o nascimento. Com o seu desenvolvimento, as vértebras deslocam o peso do tronco para o membro inferior. Qual é o motivo para esse deslocamento de peso?

5. Descreva a relação entre o ligamento nucal e o esqueleto axial em relação à sustentação da posição ereta da cabeça.

6. Discuta os fatores que podem causar aumento da produção de muco pela túnica mucosa dos seios paranasais.

7. Por que as vértebras de maior corpo vertebral estão localizadas na região lombar?

8. Qual é a relação entre o osso temporal e a audição?

9. Qual é a função dos numerosos forames encontrados na lâmina cribriforme do etmóide?

Nível 3 – Pensamento crítico

1. Elisa está em seu último mês de gestação e sofrendo de dores lombares. Uma vez que seu peso excedente está concentrado na região anterior do corpo, ela tenta imaginar as razões pelas quais sente essas dores. Explique.

2. Jéferson entra em uma briga em um evento esportivo e sofre fratura de nariz. Após a recuperação da fratura, ele começa a sentir dores de cabeça, sensação de peso e desconforto na região dos seios maxilares. Qual é a provável causa do desconforto de Jéferson?

3. Alguns dos sintomas de gripe ou resfriado comum incluem dores em todos os dentes maxilares, mesmo sem alteração específica nestas estruturas, bem como uma sensação de peso na região da fronte. Que resposta à infecção causa estas sensações desconfortáveis?

4. De maneira geral, as modelos profissionais são muito fotogênicas e freqüentemente admiradas por terem olhos grandes e região zigomática saliente. Estas características teriam uma explicação anatômica, ou poderiam ser explicadas de uma outra forma?

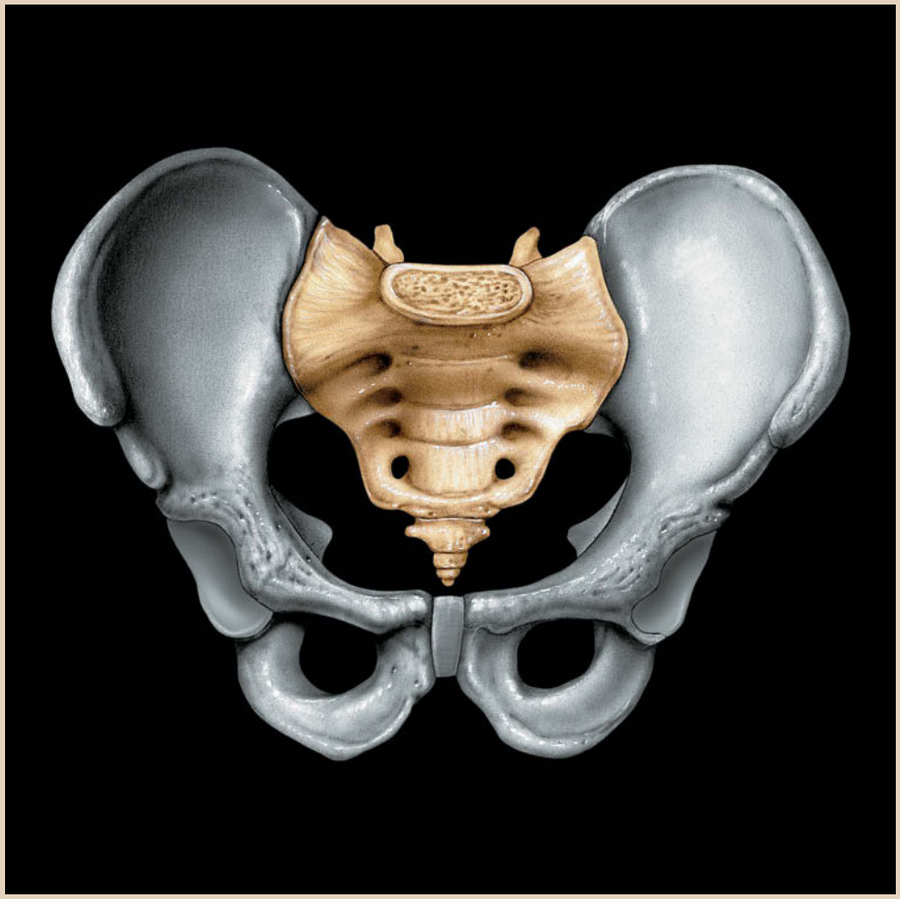
7

O Sistema Esquelético

Esqueleto Apendicular

OBJETIVOS DO CAPÍTULO:

1. Identificar os ossos do cíngulo do membro superior e do membro superior e suas principais características superficiais.
2. Identificar os ossos que formam o cíngulo do membro inferior e o membro inferior e suas principais características superficiais.
3. Discutir as diferenças estruturais e funcionais entre a pelve feminina e a masculina.
4. Explicar como o estudo do esqueleto pode revelar informações importantes sobre um indivíduo.
5. Resumir as diferenças esqueléticas entre homens e mulheres.
6. Descrever resumidamente como o processo de envelhecimento afeta o sistema esquelético.



Introdução 175

Cíngulo do membro superior e membro superior 176

Cíngulo do membro inferior e membro inferior 186

Variação individual do sistema esquelético 200

Se você listar todas as coisas que fez hoje, verá que seu esqueleto apendicular tem um papel importante em sua vida. Ficar em pé, caminhar, escrever, comer, vestir-se, cumprimentar e virar as páginas de um livro – a lista vai longe. Seu esqueleto axial protege e dá apoio aos órgãos internos e participa de funções vitais, como a respiração. Porém, seu esqueleto apendicular dá a você o controle de seu meio, muda sua posição no espaço e proporciona mobilidade.

O **esqueleto apendicular*** inclui os ossos dos membros superiores e inferiores e os elementos de apoio, denominados *cíngulos*, que os conectam ao tronco (**Figura 7.1**). Este capítulo descreve os ossos do esqueleto apendicular. Como no Capítulo 6, as descrições enfatizam as características superficiais que têm importância funcional e salientam as interações entre o sistema esquelético e outros sistemas. Por exemplo, muitas das características anatômicas mencionadas neste capítulo são locais de inserção dos músculos esqueléticos ou de forames para nervos e vasos sangüíneos que suprem os ossos e outros órgãos do corpo.

Existem conexões anatômicas diretas entre os sistemas esquelético e muscular. Como se observou no Capítulo 5, o tecido conjuntivo da fáscia profunda que circunda o músculo esquelético guarda continuidade com o de seu tendão, que continua no periósteo e passa a ser parte da matriz óssea em seu local de inserção distal. pág. 116-117 Músculos e ossos também estão ligados fisiologicamente, porque as contrações musculares só podem ocorrer quando a concentração extracelular de cálcio permanece

* N. de R.T. Segundo a Terminologia Anatômica, os membros superiores e inferiores apresentam cíngulos e partes livres.

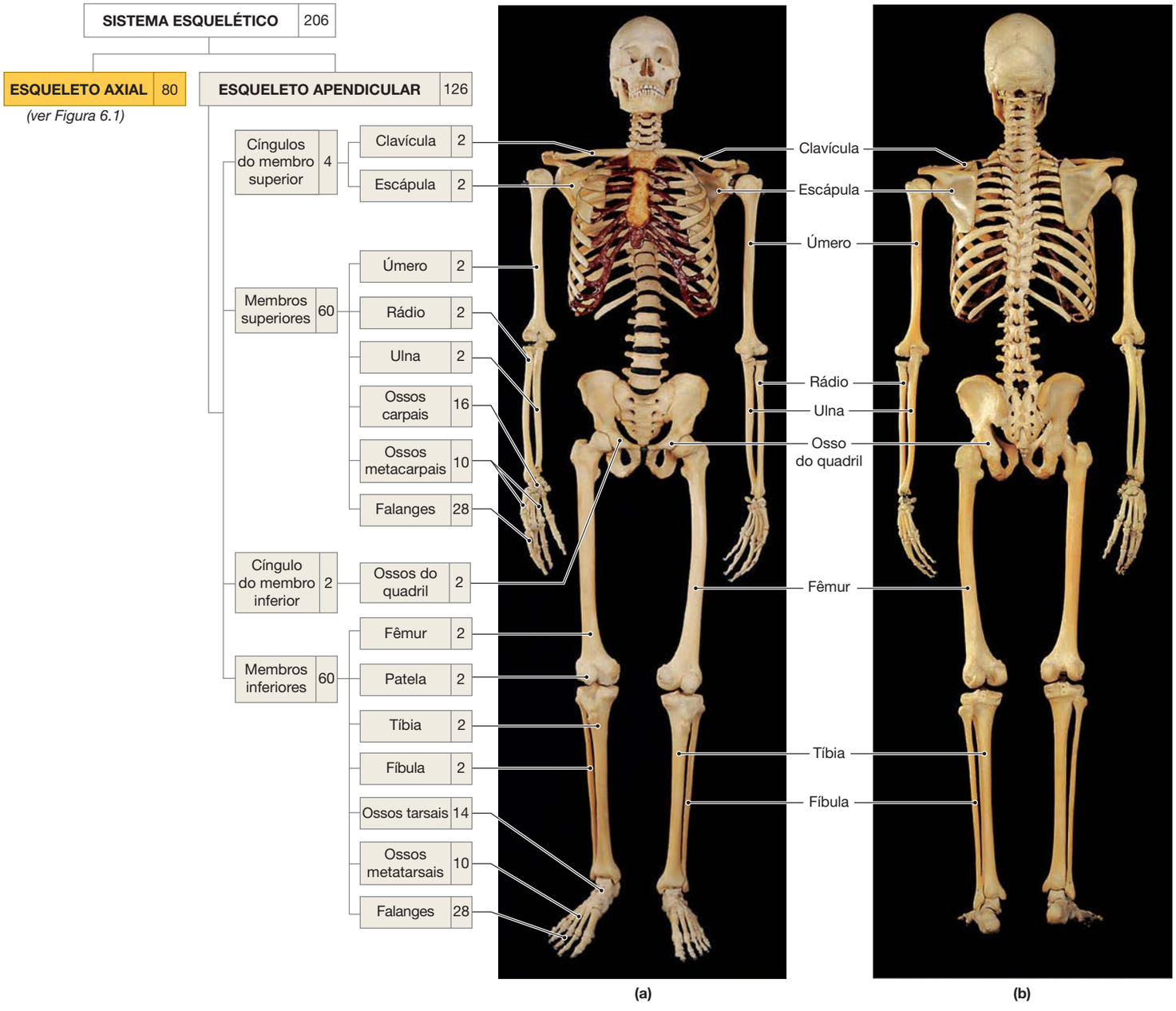


Figura 7.1 Esqueleto apendicular.
Fluxograma que mostra a relação dos componentes do esqueleto apendicular: cíngulos do membro superior e do membro inferior e membros superiores e inferiores. **(a)** Vista anterior do esqueleto, salientando os componentes apendiculares. Os números nos quadrados indicam o número total de ossos de um tipo ou categoria no esqueleto adulto. **(b)** Vista posterior do esqueleto.

dentro de limites relativamente estreitos. O esqueleto contém a maior parte do cálcio do corpo, e essas reservas são vitais para a homeostase desse íon.

Cíngulo do membro superior e membro superior [Figura 7.2]

Cada braço articula-se com o tronco no **cíngulo do membro superior**, ou *cintura escapular*. O cíngulo do membro superior consiste em uma *clavícula* em forma de S e na larga e plana *escápula*, como mostra a Figura 7.2. A clavícula articula-se com o manúbrio do esterno, e essa é a *única* conexão direta entre o cíngulo do membro superior e o esqueleto axial. Os músculos esqueléticos sustentam e posicionam a escápula, que não tem ligações ósseas diretas nem conexões ligamentares com a caixa torácica. Cada membro superior consiste em *braço*, *antebraço* e mão. O esqueleto do membro superior consiste no *úmero* do braço, na *ulna* e no *rádio* do antebraço, nos *ossos carpais* do *carpo*, *ossos metacarpais* e *falanges* da mão.

Cíngulo do membro superior

Os movimentos da clavícula e da escápula posicionam a articulação do ombro e proporcionam uma base para o movimento do braço. Uma vez que a articulação do ombro está em posição, os músculos que se originam no cíngulo do membro superior ajudam a mover o membro superior. As superfícies da escápula e da clavícula são, portanto, extremamente importantes como locais de inserção proximal dos músculos. Os músculos maiores deixam marcas onde se inserem, criando cristas e margens. Outras marcas ósseas, como sulcos e forames, indicam a posição de nervos ou vasos sangüíneos que controlam os músculos e nutrem músculos e ossos.

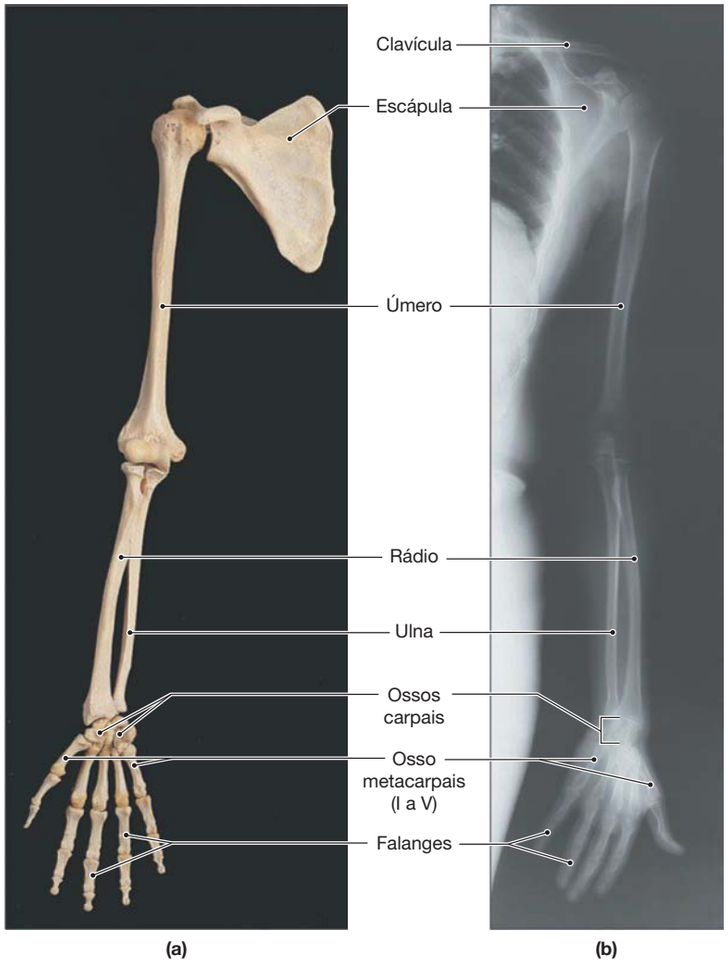


Figura 7.2 Cíngulo do membro superior e membro superior.
Cada membro superior articula-se com o tronco no esqueleto axial por meio do cíngulo do membro superior. **(a)** Membro superior direito, vista anterior. **(b)** Radiografia do cíngulo do membro superior e do membro superior direitos, vista posterior.

Clavícula [Figuras 7.3/7.4]

A **clavícula** (Figura 7.3) conecta o cíngulo do membro superior e o esqueleto axial. A clavícula reforça o ombro e transfere parte do peso do membro superior para o esqueleto axial. Cada clavícula tem origem na margem súpero-lateral do manúbrio do esterno, lateralmente à incisura jugular (ver Figura 6.27a, ∞ pág. 169, e Figura 7.4). A partir da extremidade aproximadamente piramidal do **esterno**, a clavícula curva-se em forma de S para lateral e posterior, até se articular com o acrômio da escápula. A **extremidade acromial** é mais larga e mais achatada do que a extremidade esternal.

A superfície superior lisa da clavícula situa-se logo abaixo da pele; a superfície inferior áspera da extremidade acromial é marcada por linhas e tubérculos proeminentes, que indicam os locais de inserção de músculos e ligamentos. O **tubérculo conóide** está sobre a superfície inferior da extremidade acromial, e a **impressão do ligamento costoclavicular** situa-se na extremidade esternal. Esses são locais de inserção para os ligamentos do ombro.

Você pode explorar a interação das escápulas e clavículas. Com os dedos na *incisura jugular*, localize a clavícula em ambos os lados. ∞ pág. 169 Quando você move os ombros, pode sentir as clavículas mudarem de posição. Como as clavículas estão subjacentes à pele, você pode rastreá-las lateralmente até que se articulem com a escápula. Os movimentos do ombro são limitados pela posição da clavícula na *articulação esternoclavicular*, como mostra a Figura 7.4. A estrutura dessa articulação será descrita no Capítulo 8. As fraturas da porção medial da clavícula são comuns porque uma queda sobre a palma da mão com o braço estendido produz forças compressivas que são levadas para a clavícula e sua articulação com o manúbrio do esterno. Felizmente, essas fraturas, via de regra, consolidam-se com rapidez e sem engessamento.

Escápula [Figuras 7.4/7.5]

O *corpo da escápula* forma um triângulo largo, com muitas marcas em suas faces costal e posterior, o que reflete a inserção de músculos, tendões e ligamentos (Figura 7.5a,d). As três margens da forma triangular da escápula são a **margem superior**, a **margem medial**, ou *vertebral*, e a **margem lateral**, ou *axilar (axila)*. Os músculos que posicionam a escápula têm inserção ao longo dessas margens. Os ângulos da escápula são denominados **ângulos superior**, **inferior** e **lateral**. O ângulo lateral, ou *cabeça da escápula*, forma um processo largo que sustenta a **cavidade glenoidal**, em forma de taça, ou *fossa glenoidal*. Na cavidade glenoidal, a escápula articula-se com a epífise proximal do *úmero*, o osso do braço. Essa junção é a **articulação glenoumeral**, ou **articulação do ombro**. O ângulo lateral é separado do *corpo* da escápula por um **colo** arredondado. A **fossa do corpo subescapular**, relativamente lisa e côncava, forma a maior parte da face costal da escápula.

Dois grandes processos escapulares estendem-se sobre a margem superior da cavidade glenoidal, superiormente à cabeça do úmero. A projeção anterior, menor, é o **processo coracóide** (*korakodes*, como o bico de um corvo). Esse processo projeta-se para anterior e ligeiramente lateral, servindo como local de inserção da cabeça curta do *músculo bíceps braquial*, um músculo proeminente do compartimento anterior do braço. A **incisura da escápula** é uma depressão medial junto à base do processo coracóide. O **acrômio** (*akron*, ponta + *omos*, ombro), o processo posterior e maior, projeta-se anteriormente em ângulo de 90° a partir da ex-

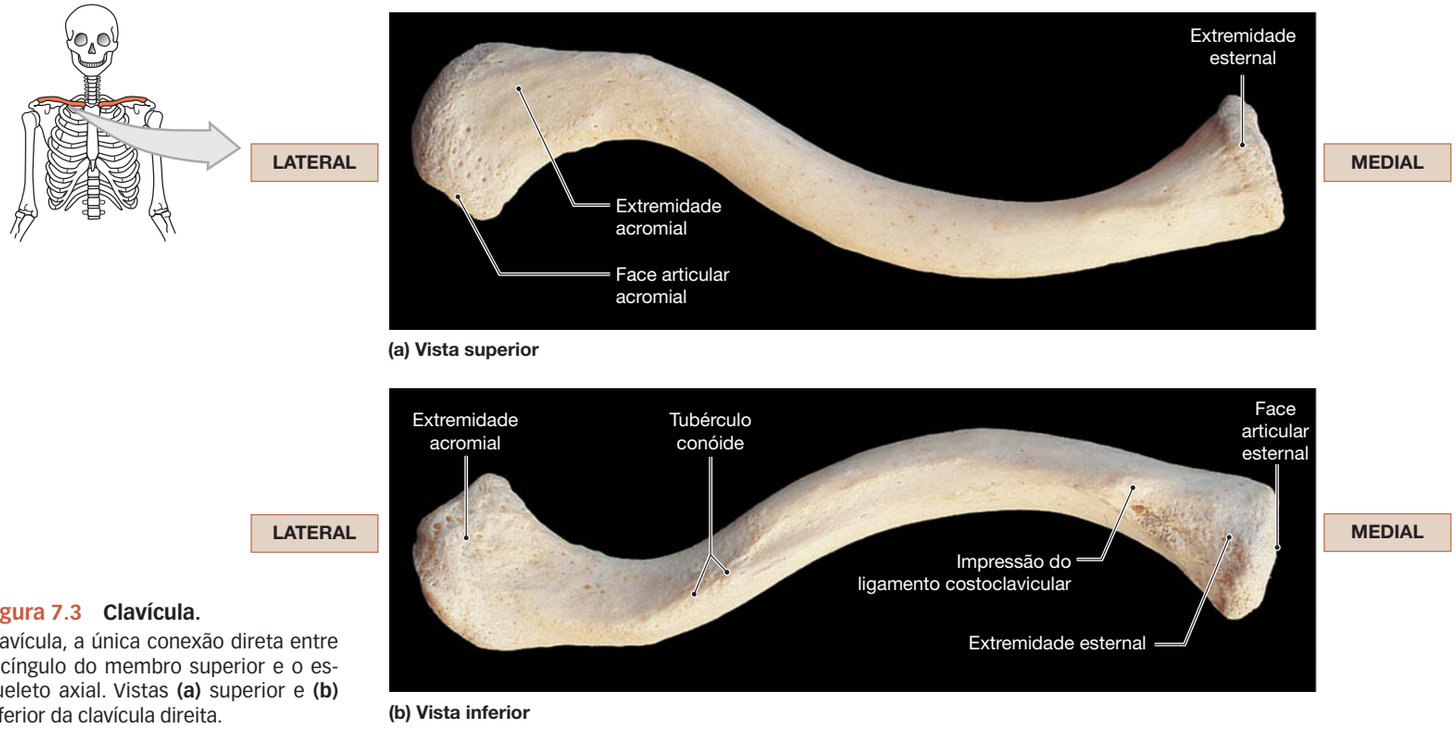


Figura 7.3 Clavícula.
Clavícula, a única conexão direta entre o cíngulo do membro superior e o esqueleto axial. Vistas **(a)** superior e **(b)** inferior da clavícula direita.

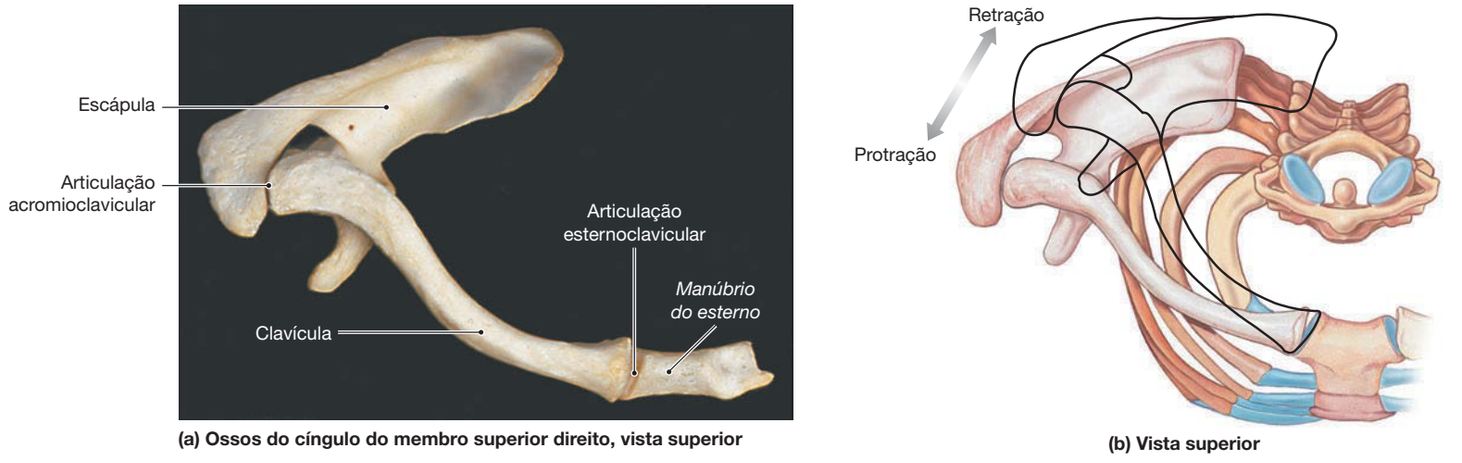


Figura 7.4 Mobilidade do cíngulo do membro superior.
Representação diagramática de movimentos normais do cíngulo do membro superior. **(a)** Ossos do cíngulo do membro superior direito. **(b)** Alterações da posição do ombro direito que ocorrem durante a *protração* (movimento para frente) e a *retração* (movimento para trás). **(c)** Alterações da posição do ombro direito durante a *elevação* (movimento para cima) e a *depressão* (movimento para baixo). Em cada caso, observe que a clavícula é responsável pela limitação da amplitude de movimento. (*ver Figura 8.6a,f*)

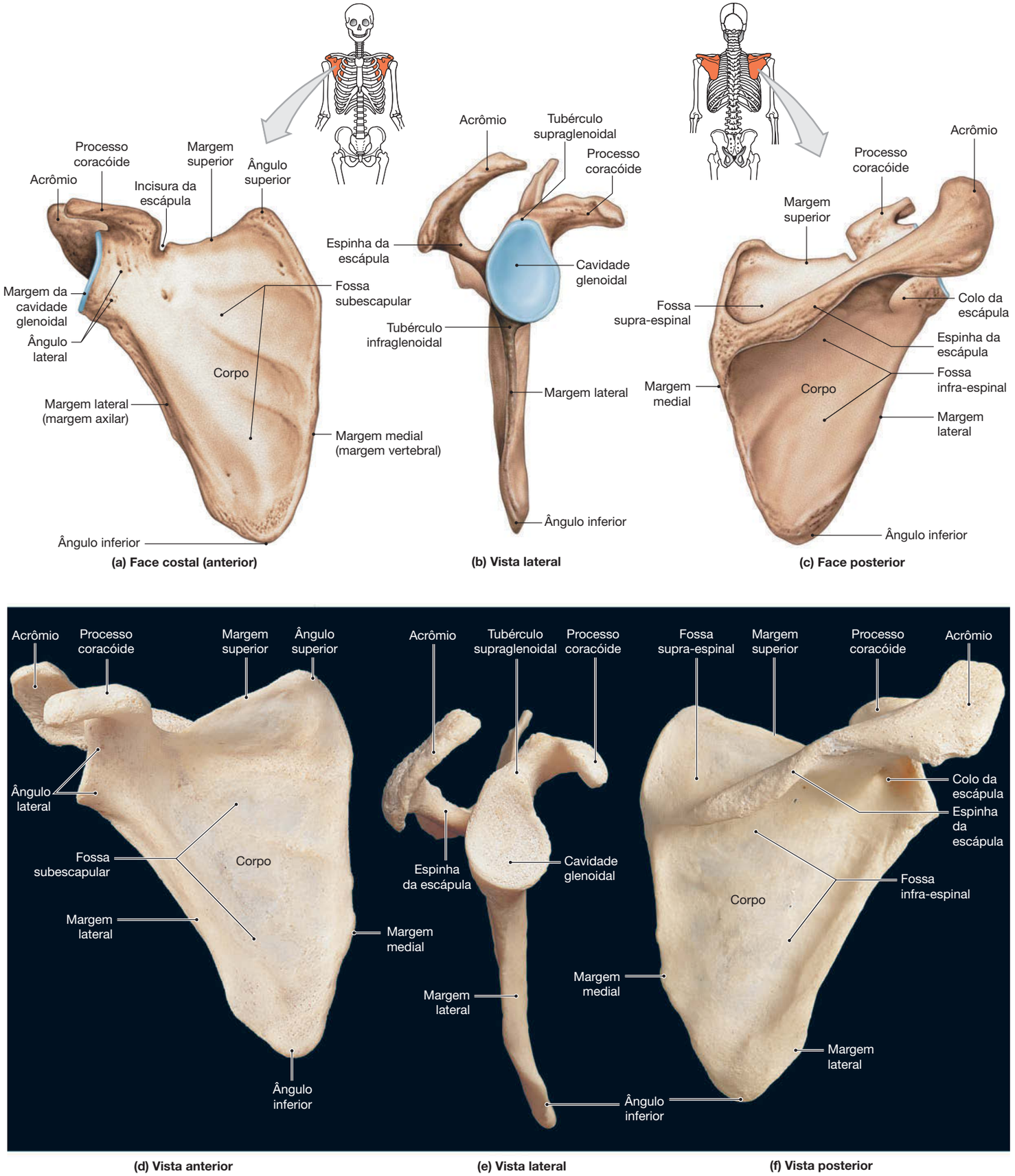


Figura 7.5 **Escápula.**
A escápula, que faz parte do cíngulo do membro superior, articula-se com a clavícula e com o úmero. Vistas **(a,d)** anterior, **(b,e)** lateral e **(c,f)** posterior da escápula direita.

tremidade lateral da *espinha da escápula,* e serve como ponto de inserção para a parte do *músculo trapézio* no dorso. Se você passar os dedos ao longo da face superior da articulação do ombro, sentirá esse processo. O acrômio articula-se com a clavícula na **articulação acromioclavicular** (Figura 7.4a). Tanto o acrômio quanto o processo coracóide são locais de inserção de ligamentos e tendões associados com a articulação do ombro, que será descrita em detalhes no Capítulo 8.

A maioria das saliências da superfície da escápula representa os locais de inserção dos músculos que posicionam o ombro e o braço. Por exemplo, o **tubérculo supraglenoidal** marca a inserção proximal (origem) da cabeça longa do *músculo bíceps braquial.* O **tubérculo infraglenoidal** marca a inserção proximal da cabeça longa do *músculo tríceps braquial,* um músculo igualmente proeminente no compartimento posterior do braço. A **espinha da escápula** cruza a face posterior da escápula antes de terminar na margem medial. Essa espinha divide a face posterior convexa do *corpo* em duas regiões. A área superior à espinha constitui a **fossa supra-espinal** *(supra,* acima); a região inferior à espinha é a **fossa infra-espinal** *(infra,* abaixo). As faces da espinha da escápula separam o *músculo supra-espinal* do *músculo infra-espinal,* e a crista posterior proeminente dessa espinha serve como inserção dos *músculos deltóide* e *trapézio.*

Membro superior [Figura 7.2]

Os ossos de cada membro superior consistem em úmero, ulna e rádio, ossos carpais do punho e ossos metacarpais e falanges da mão (Figura 7.2, pág. 176).

Úmero [Figura 7.6]

O **úmero** é o osso proximal do membro superior. A porção superior e medial da epífise proximal é lisa e redonda. Essa é a **cabeça do úmero**, que se articula com a cavidade glenoidal da escápula. A margem lateral da epífise tem uma grande projeção, o **tubérculo maior** do úmero (Figura 7.6a,b). O tubérculo maior forma a margem lateral do ombro; você pode encontrá-lo sentindo uma saliência situada alguns centímetros anterior e inferiormente à ponta do acrômio. O tubérculo maior tem três impressões lisas e planas que servem como inserção para três músculos que se originam na escápula. O *músculo supra-espinal* insere-se na impressão mais superior, o *músculo infra-espinal,* no meio, e o *músculo redondo menor* insere-se na mais inferior. O **tubérculo menor** situa-se na face anterior e medial da epífise. O tubérculo menor marca o ponto de inserção de outro músculo escapular, o *subescapular.* O tubérculo menor e o tubérculo maior são separados pelo **sulco intertubercular**. O tendão da cabeça longa do *músculo bíceps braquial* faz trajeto junto com esse sulco a partir de sua origem no tubérculo supraglenoidal da escápula. O **colo anatômico**, uma constrição inferior à cabeça do úmero, marca o limite distal da cápsula articular da articulação do ombro. Situa-se entre os tubérculos e a face articular lisa da cabeça. Distal aos tubérculos maior e menor, o estreito **colo cirúrgico** corresponde à metáfise do osso em crescimento. Esse nome reflete o fato de as fraturas ocorrerem com freqüência nesse local.

A parte proximal do **corpo** (diáfise) do úmero é redonda ao corte transversal. A **tuberosidade para o músculo deltóide** faz trajeto ao longo da face ântero-lateral da diáfise, estendendo-se mais da metade de seu comprimento para baixo. A tuberosidade para o músculo deltóide recebe esse nome por causa do músculo que se insere nela. Na face ântero-lateral da diáfise, o sulco intertubercular continua ao longo da tuberosidade para o músculo deltóide.

O **côndilo** do úmero domina a epífise distal, inferior, do úmero (Figura 7.6a,c). Uma crista baixa cruza o côndilo, dividindo-o em duas regiões articulares distintas. A **tróclea do úmero** *(trochlea,* polia) é a porção medial em forma de carretel que se articula com a *ulna,* o osso medial do antebraço. A tróclea estende-se da base da **fossa coronóidea** (*corona,* coroa) na face anterior à **fossa do olécrano** na face posterior (Figura 7.6a,d). Essas depressões aceitam projeções da ulna quando o cotovelo se aproxima da *flexão* total (cotovelo dobrado) ou da *extensão* total (cotovelo reto). O **capítulo do úmero**, redondo, forma a porção lateral do côndilo. O capítulo articula-se com a cabeça do *rádio,* o osso lateral do antebraço. Uma **fossa radial** rasa, superior ao capítulo, acomoda uma pequena parte da cabeça do rádio quando o antebraço se aproxima do úmero (flexão do cotovelo).

Na face posterior (Figura 7.6d), o **sulco do nervo radial** faz trajeto ao longo da margem posterior da tuberosidade para o músculo deltóide. Essa depressão marca o caminho do *nervo radial,* um nervo grande que conduz informações sensitivas do dorso da mão e controle motor do músculo tríceps braquial que estende o cotovelo. O sulco do nervo radial termina na margem inferior da tuberosidade para o músculo deltóide, onde o nervo se volta para a face anterior do braço. Na epífise distal do úmero, a diáfise expande-se para os dois lados, formando os epicôndilos medial e lateral em um triângulo largo. *Epicôndilos* são processos que se desenvolvem proximalmente a uma articulação e fornecem área de superfície adicional para a inserção muscular. Os **epicôndilos medial** e **lateral** projetam-se para os dois lados da epífise distal do úmero na articulação do cotovelo (Figura 7.6c,d). O *nervo ulnar* cruza a face posterior do epicôndilo medial. Os impactos na região medial da articulação do cotovelo podem atingir o nervo ulnar e produzir formigamento e paralisia temporária dos músculos mediais do compartimento anterior do antebraço. A sensação causada é de "choque".

Ulna [Figuras 7.2/7.7]

A **ulna** e o **rádio** são ossos paralelos que sustentam o antebraço (Figura 7.2). Na posição anatômica, a ulna localiza-se medialmente ao rádio (Figura 7.7a). O **olécrano** da ulna forma a ponta do cotovelo (Figura 7.7b). Esse processo é a porção superior e posterior da epífise proximal. Em sua face anterior, a **incisura troclear** articula-se com a tróclea do úmero (Figura 7.7c-e). O olécrano forma o lábio superior da incisura troclear, e o **processo coronóide** forma seu lábio inferior. Quando o cotovelo está em extensão, o olécrano projeta-se na fossa do olécrano na face posterior do úmero. Quando o cotovelo está fletido, o processo coronóide projeta-se na fossa coronóidea na face anterior do úmero. Lateralmente ao processo coronóide, uma **incisura radial** lisa (Figura 7.7d,e) acomoda a cabeça do rádio na *articulação radiulnar proximal.*

O corpo da ulna é mais ou menos triangular em secção transversal, com a face medial lisa na base do triângulo e a margem lateral no ápice. Uma lâmina fibrosa, a **membrana interóssea do antebraço**, conecta a margem lateral da ulna à margem medial do rádio e fornece uma área de superfície maior para a inserção muscular (Figura 7.7a,d). Distalmente, o corpo da ulna estreita-se antes de terminar na **cabeça da ulna** em forma de disco, cuja margem posterior suporta um curto **processo estilóide** *(styloid,* longo e pontudo). Uma cartilagem articular triangular fixa-se ao processo estilóide, isolando a cabeça da ulna dos ossos carpais. A *articulação radiulnar distal* é lateral à cabeça da ulna (Figura 7.7f).

A *articulação do cotovelo* é estável e tem duas partes que funcionam como uma dobradiça (Figura 7.7b,c). Grande parte da estabilidade vem da união da tróclea do úmero com a incisura troclear da ulna; essa é a *articulação umeroulnar.* A outra porção da articulação do cotovelo consiste na *articulação umerorradial,* formada pelo capítulo do úmero e pela fóvea articular da cabeça do rádio. Examinaremos a estrutura da articulação do cotovelo no Capítulo 8.

Rádio [Figura 7.7]

O rádio é o osso lateral do antebraço (Figura 7.7). A **cabeça** do rádio, em forma de disco, articula-se com o capítulo do úmero. Um *colo* estreito

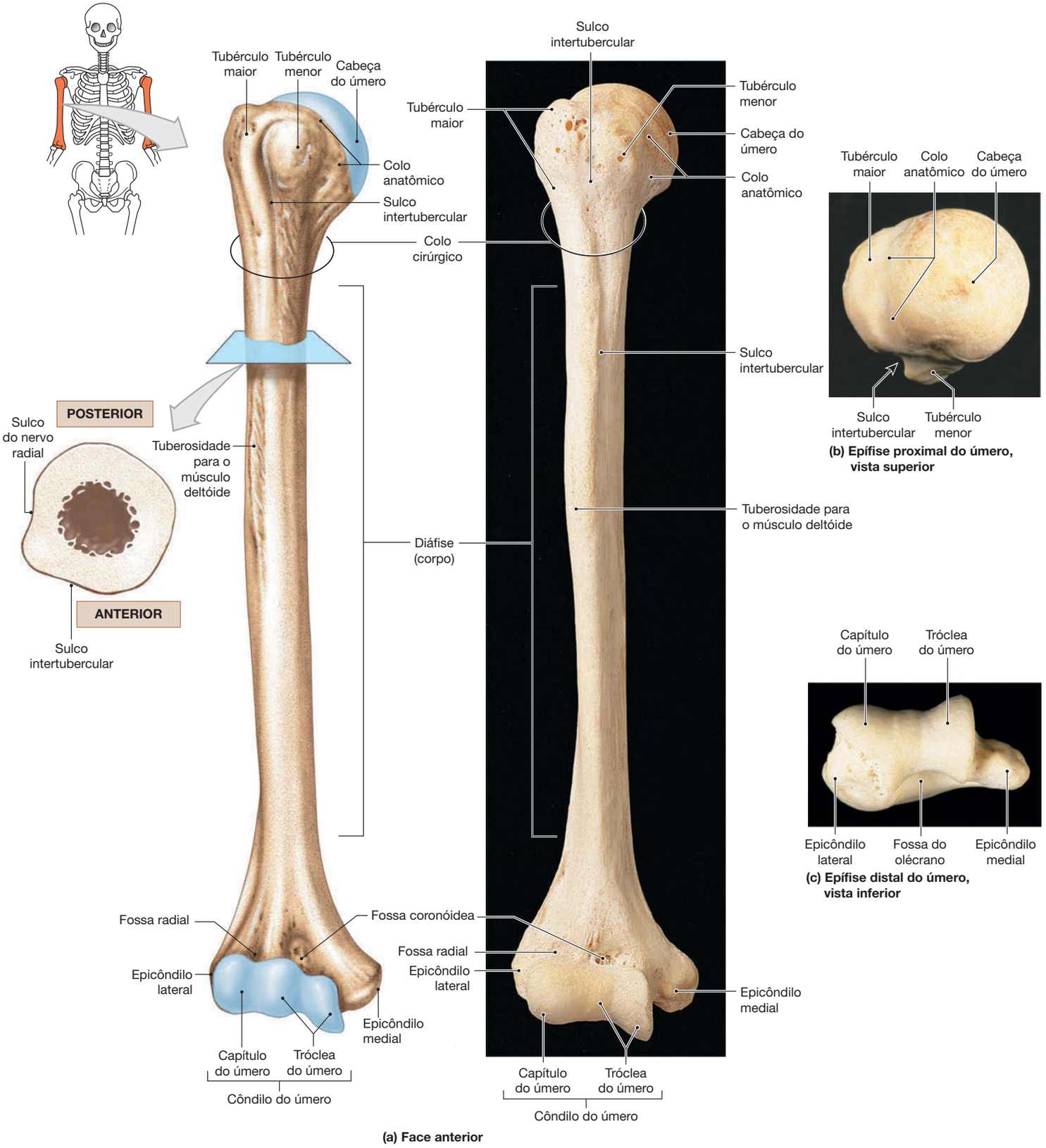
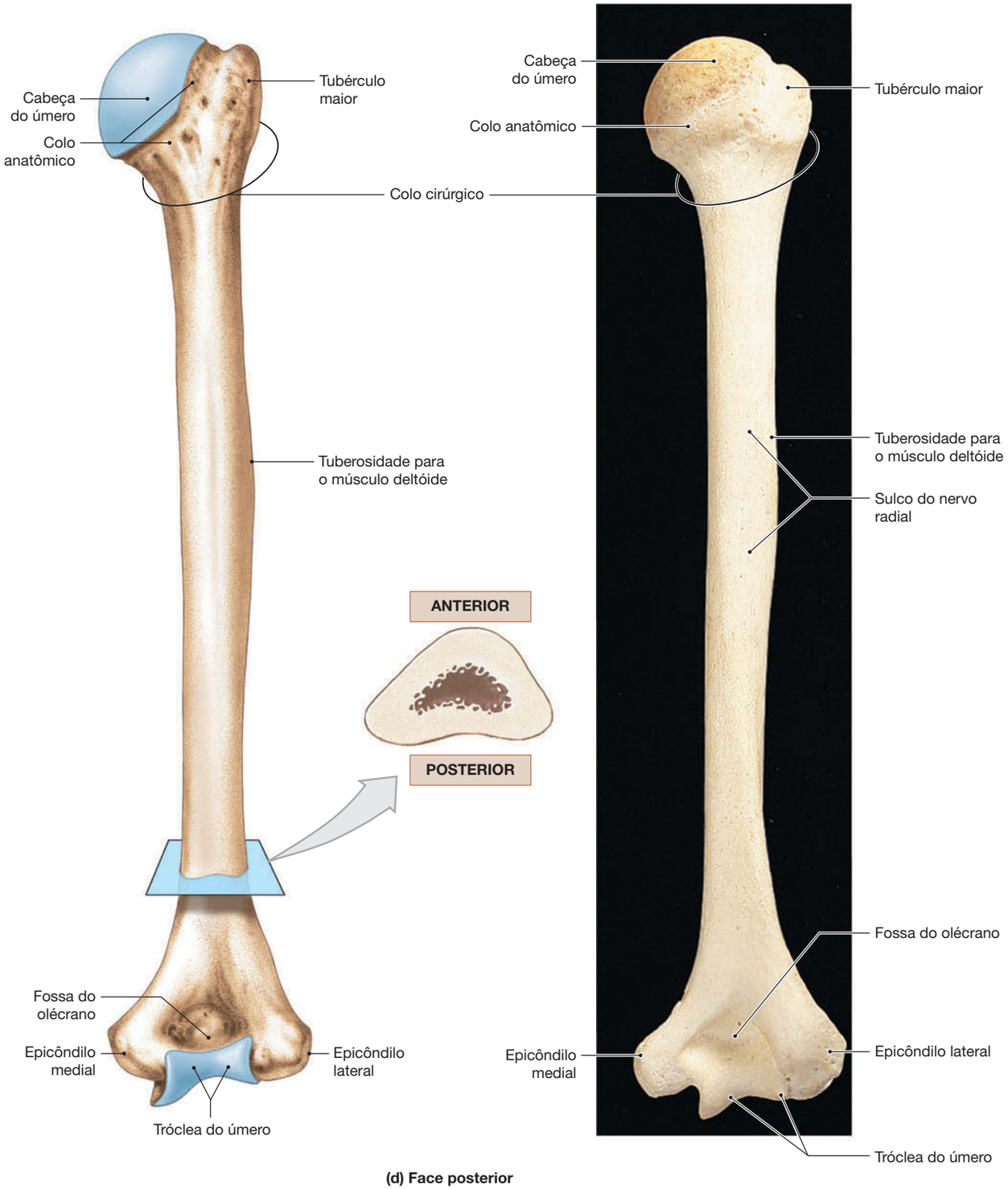


Figura 7.6 **Úmero.**
(a) Vistas anteriores. **(b)** Vista superior da cabeça do úmero. **(c)** Vista inferior da epífise distal do úmero. **(d)** Vistas posteriores.



(d) Face posterior

Figura 7.6 (*continuação*).

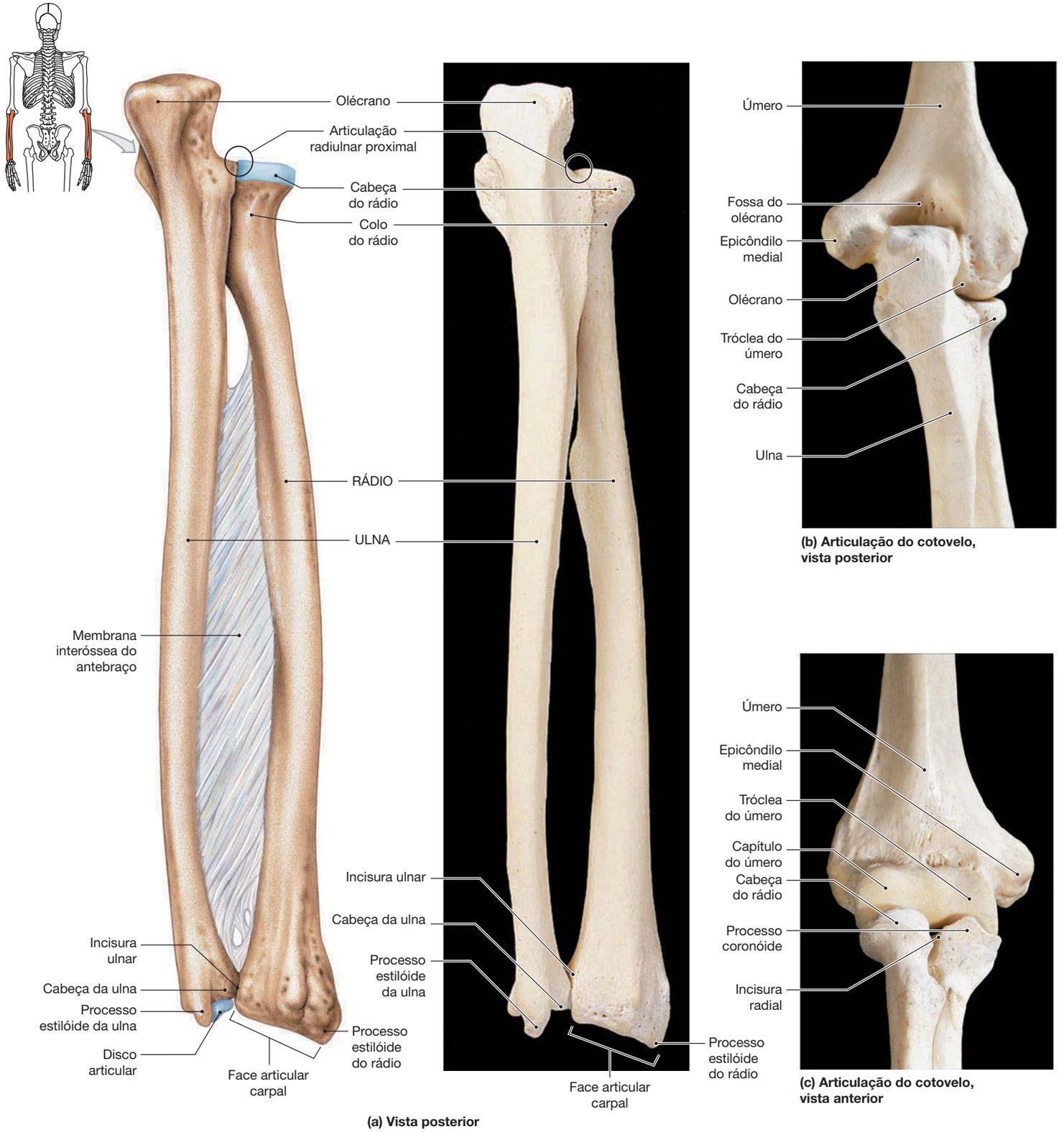
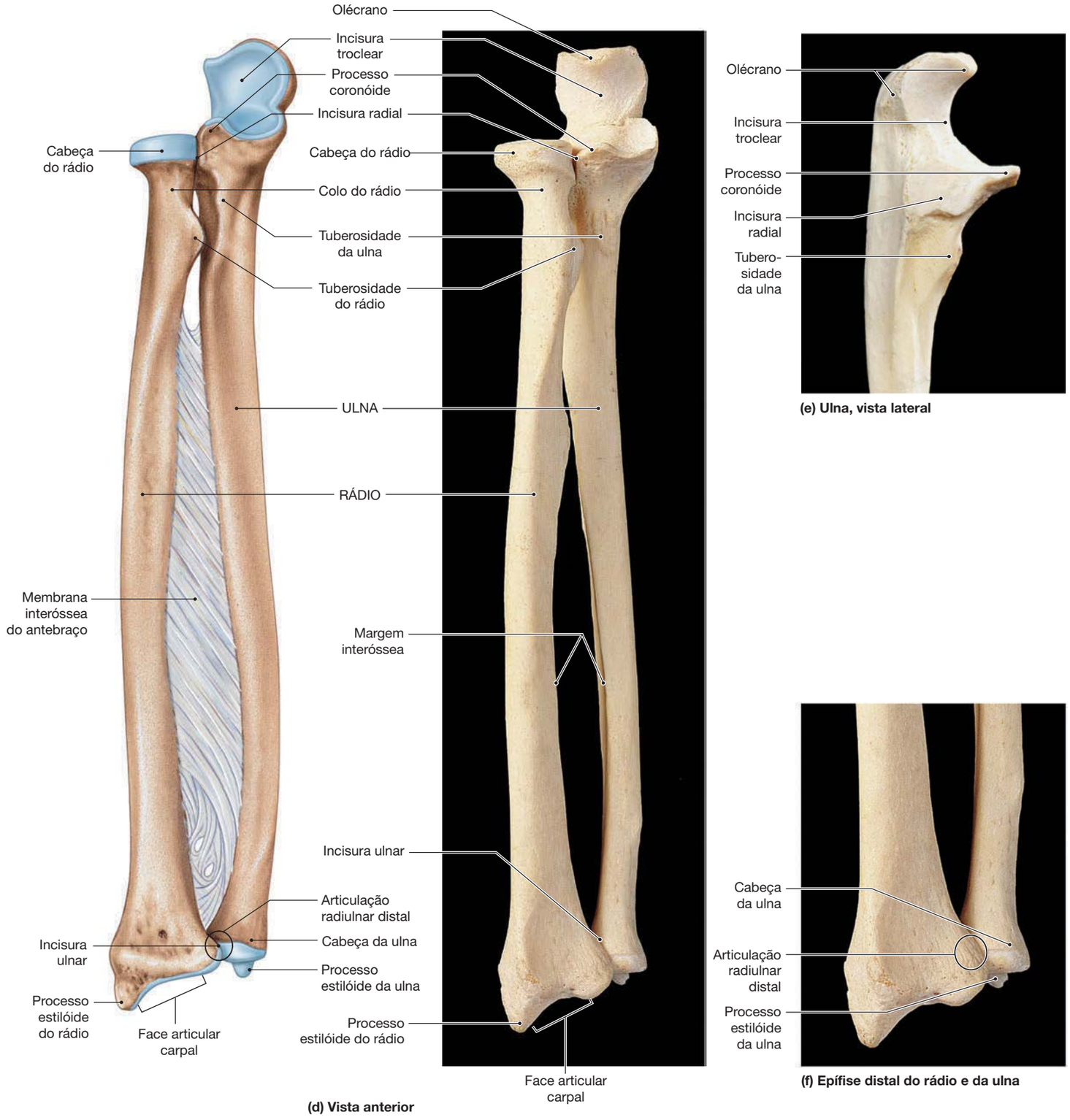


Figura 7.7 **Rádio e ulna.**

O rádio e a ulna são os ossos do antebraço. **(a)** Vista posterior do rádio e da ulna direitos. **(b)** Vista posterior da articulação do cotovelo, mostrando a união dos ossos participantes. **(c)** Vista anterior da articulação do cotovelo. **(d)** Vista anterior do rádio e da ulna. **(e)** Vista lateral da epífise proximal da ulna. **(f)** Vista anterior das epífises distais do rádio e da ulna, e da articulação radiulnar distal.



(d) Vista anterior

(e) Ulna, vista lateral

(f) Epífise distal do rádio e da ulna

Figura 7.7 (***continuação***).

estende-se da cabeça do rádio até a **tuberosidade do rádio** proeminente que marca o local de inserção do *músculo bíceps braquial*. Esse músculo flexiona o cotovelo, trazendo o antebraço na direção do braço. O corpo do rádio curva-se ao longo de seu comprimento, e a **epífise distal** é consideravelmente maior do que a epífise distal da ulna. Como há uma cartilagem articular e um disco articular separando a ulna do carpo, apenas a epífise distal do rádio participa da articulação radiocarpal (do punho). O **processo estilóide** na face lateral da epífise distal ajuda a estabilizar o punho.

A face medial da epífise distal possui a **incisura ulnar do rádio,** que se articula com a cabeça da ulna, formando a articulação radiulnar distal. A articulação radiulnar proximal permite *rotação medial* ou *lateral* da cabeça do rádio. Quando a rotação medial ocorre na articulação radiulnar proximal, a incisura ulnar rola pela superfície arredondada da cabeça da ulna. A rotação medial nas articulações radiulnares, por sua vez, gira a mão para medial, a partir da posição anatômica. O movimento de rotação medial é denominado *pronação*. O movimento inverso, que envolve rotação lateral nas articulações radiulnares, é chamado de *supinação*.

Ossos carpais [Figura 7.8]

O *carpo* é formado pelos oito **ossos carpais**. Os ossos formam duas fileiras, com quatro **ossos carpais proximais** e quatro **ossos carpais distais**. Os ossos carpais proximais são o *escafóide*, o *semilunar*, o *piramidal* e o *pisiforme*. Os ossos carpais distais são o *trapézio*, o *trapezóide*, o *capitato* e o *hamato* (Figura 7.8). Os ossos carpais são unidos entre si por meio de articulações que permitem movimentos de deslizamento e torção limitados. Há ligamentos que conectam os ossos carpais e ajudam a estabilizar o punho.

Ossos carpais proximais

- O **escafóide** é o osso carpal proximal localizado na margem lateral do punho, adjacente ao processo estilóide do rádio.
- O **semilunar** *(luna,* lua), em forma de vírgula, situa-se medialmente ao escafóide. Como o escafóide, o semilunar articula-se com o rádio.
- O **piramidal** *(osso triangular)* é medial ao semilunar. Tem a forma de uma pequena pirâmide. O piramidal articula-se com o disco articular que separa a cabeça da ulna do carpo.
- O pequeno **pisiforme**, em forma de ervilha, localiza-se anteriormente ao piramidal e se estende mais medialmente do que qualquer outro osso do carpo nas fileiras proximal ou distal.

Ossos carpais distais

- O **trapézio** é o osso lateral da fileira distal. Forma uma articulação proximal com o escafóide.
- O **trapezóide**, em forma de cunha, situa-se medialmente ao trapézio; é o menor osso carpal distal. Como o trapézio, tem uma articulação proximal com o escafóide.
- O **capitato** é o maior osso carpal. Localiza-se entre o trapezóide e o hamato.
- O **hamato** *(hamatum,* gancho), em forma de gancho, é o osso medial da fileira distal.

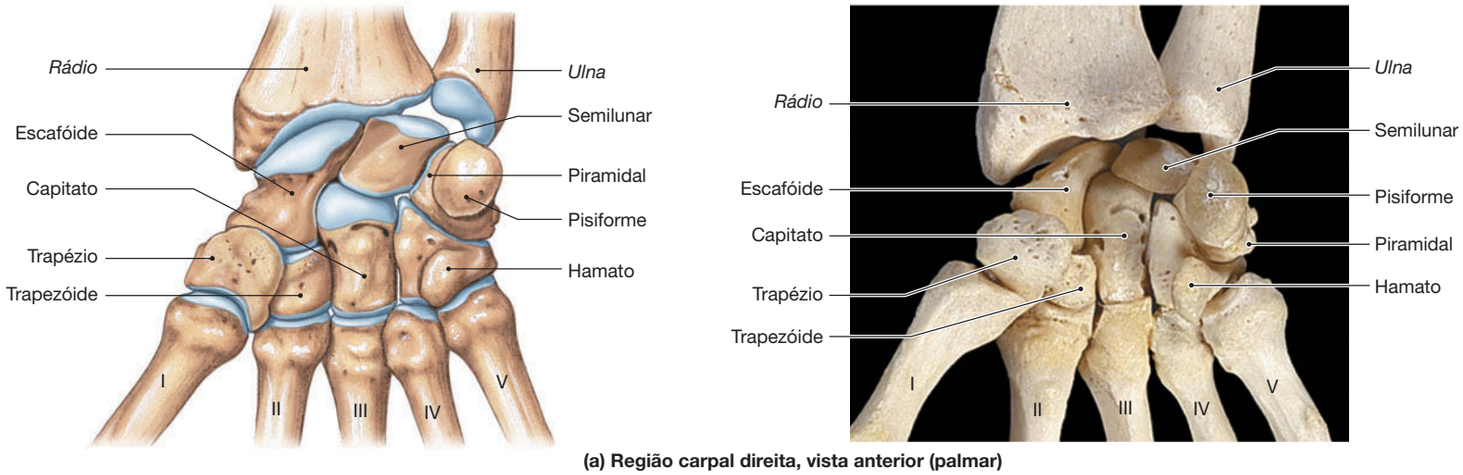
Ossos metacarpais e falanges [Figura 7.8b,c]

Cinco **ossos metacarpais** articulam-se com os ossos carpais e sustentam a palma da mão (Figura 7.8b,c). Os números romanos I a V são usados para identificar os ossos metacarpais, começando com o osso lateral. Cada osso metacarpal parece uma miniatura de um osso longo, apresentando uma *base* proximal larga e côncava, um *corpo* pequeno e uma *cabeça* distal.

Distalmente, os ossos metacarpais articulam-se com os ossos dos dedos, ou **falanges**. Há 14 falanges em cada mão. O **polegar** tem duas falanges (falange proximal e falange distal), e cada um dos outros dedos tem três falanges (proximal, média e distal).

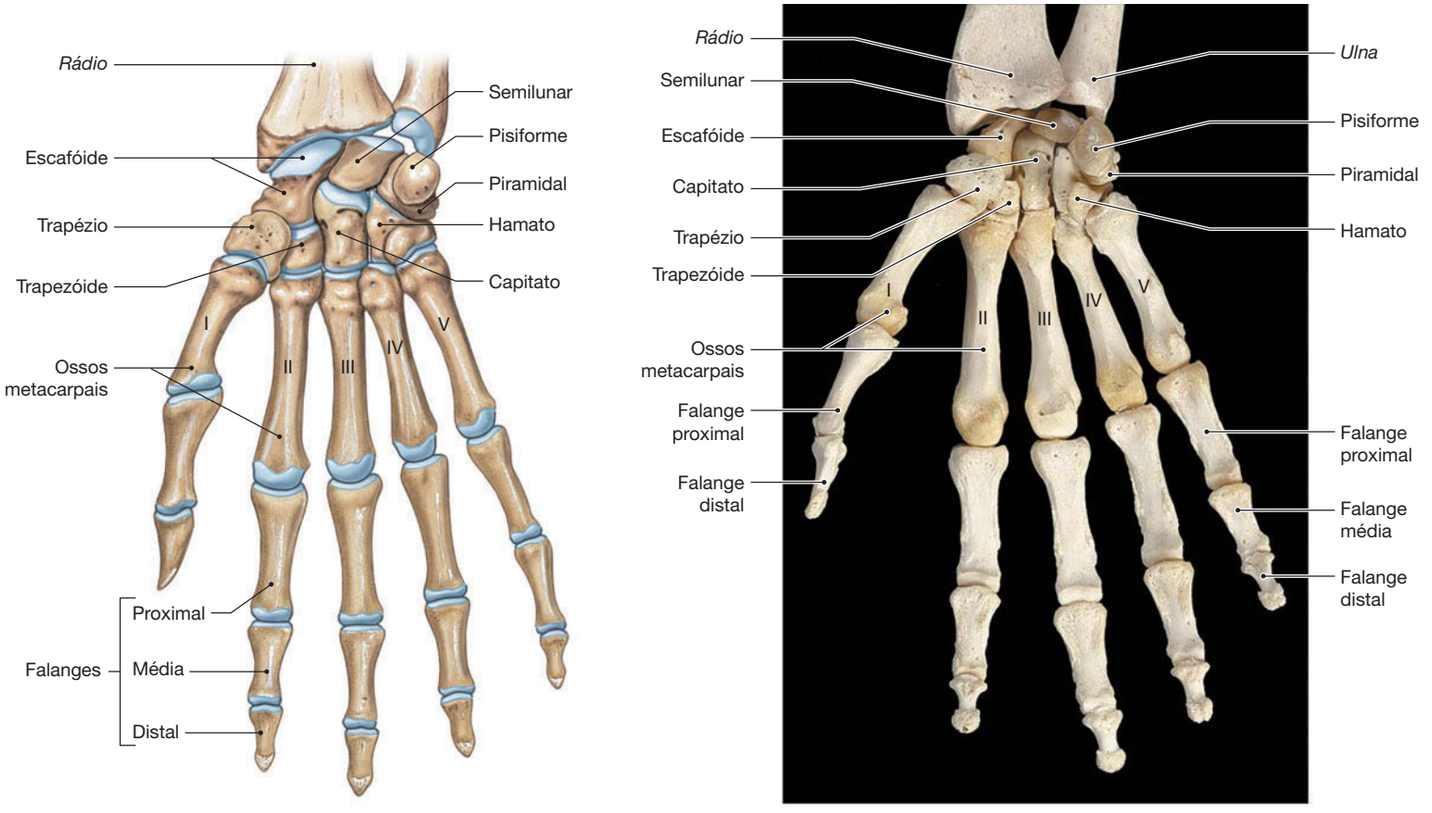
Nota clínica

Fraturas do escafóide O escafóide é o osso carpal que fratura com mais freqüência, geralmente em decorrência de queda sobre a mão superestendida. A fratura costuma ocorrer perpendicularmente ao eixo longitudinal do osso. Como a irrigação sangüínea para a porção proximal do escafóide diminui com a idade, a fratura nesse segmento do osso em geral tem má consolidação e, via de regra, resulta em necrose do segmento proximal do escafóide.

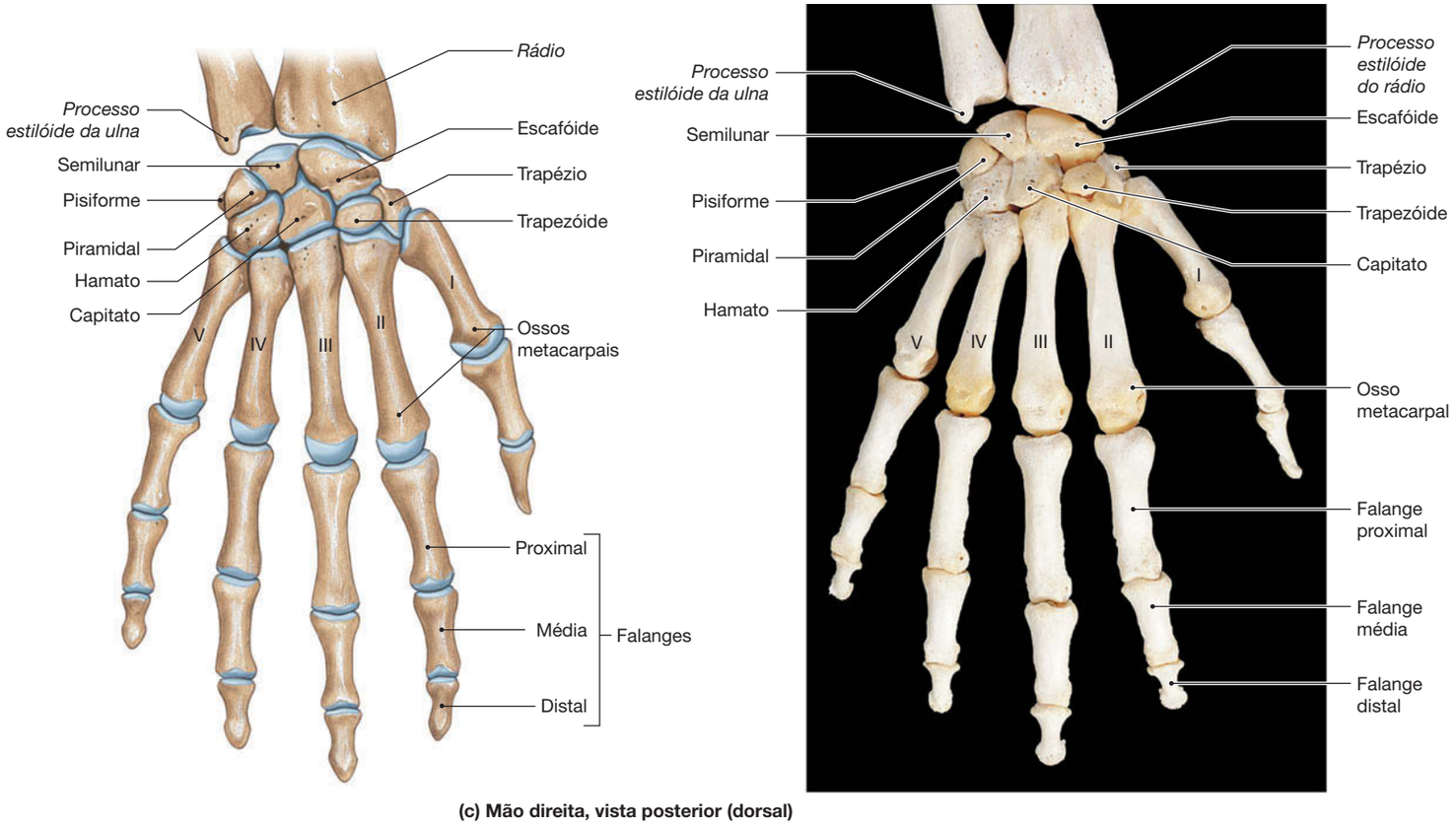


(a) Região carpal direita, vista anterior (palmar)

Figura 7.8 Ossos da mão.
Os ossos carpais, os ossos metacarpais e as falanges formam a mão. **(a)** Vista anterior (palmar) dos ossos da região carpal direita. **(b)** Vista anterior (palmar) dos ossos da mão direita. **(c)** Vista posterior (dorsal) dos ossos da mão direita.



(b) Mão direita; vista anterior (palmar)



(c) Mão direita, vista posterior (dorsal)

Figura 7.8 (***continuação***).

REVISÃO DOS CONCEITOS

1. Por que a fratura de clavícula afeta a mobilidade da escápula?
2. Que osso do antebraço é lateral na posição anatômica?
3. Qual é a função do olécrano?
4. Qual osso é a única conexão direta entre o cíngulo do membro superior e o esqueleto axial?

Veja a seção de Respostas na parte final do livro.

Cíngulo do membro inferior e membro inferior [Figura 7.9]

Os ossos do **cíngulo do membro inferior** sustentam e protegem as vísceras pélvicas, inclusive os órgãos genitais internos e o feto em desenvolvimento nas mulheres. Os ossos do quadril são mais maciços do que os do cíngulo do membro superior em função das pressões envolvidas na sustentação do peso e na locomoção. Os ossos dos membros inferiores são mais maciços do que os dos membros superiores por motivos semelhantes. O cíngulo do membro inferior consiste em dois **ossos do quadril**, também chamados de *ossos coxais* ou *inominados.* A *pelve* é uma estrutura constituída pelos ossos do quadril do esqueleto apendicular e o sacro e o cóccix do esqueleto axial. O esqueleto de cada membro inferior inclui o *fêmur* (coxa), a *patela* (joelho), a *tíbia* e a *fíbula* (perna) e os ossos do pé *(ossos tarsais, ossos metatarsais* e *falanges)* (Figura 7.9). Em termos anatômicos, *perna* refere-se somente à porção distal do membro, não a todo o membro inferior. Usamos *coxa* para a *parte superior* e *perna* para a *parte inferior.*

Cíngulo do membro inferior [Figura 7.10]

Cada osso do quadril de um cíngulo do membro inferior adulto forma-se por meio da fusão de três ossos: *ílio, ísquio* e *púbis* (Figura 7.10). Ao nascimento, os três ossos são separados por cartilagem hialina. O crescimento e a fusão desses três ossos em um único osso do quadril em geral são terminados aos 25 anos de idade. A articulação entre um osso do quadril e a face auricular do sacro ocorre na região posterior e medial do ílio, formando a *articulação sacroilíaca.* As porções anterior e medial dos ossos do quadril são conectadas por um coxim de cartilagem fibrosa na *sínfise púbica.* O **acetábulo** (*acetabulum,* xícara de vinagre) encontra-se na face lateral do osso do quadril. A cabeça do fêmur articula-se com essa face curvada, na *articulação do quadril.*

O acetábulo localiza-se inferior e anteriormente ao centro dos ossos do quadril (Figura 7.10a). O espaço incluído pelas paredes do acetábulo é a **fossa do acetábulo**, que tem um diâmetro de cerca de 5 cm. O acetábulo contém uma face curva e lisa que dá a forma de uma letra C. Essa é a **face semilunar**, que se articula com a cabeça do fêmur. Uma crista de osso forma as margens lateral e superior do acetábulo. Não há crista que marque as margens anterior e inferior. Essa lacuna é chamada de *incisura do acetábulo.*

Ossos do quadril [Figuras 7.10/7.11a]

O ílio, o ísquio e o púbis encontram-se no interior da fossa do acetábulo, como se fosse uma torta cortada em três pedaços. O **ílio**, o maior dos ossos, constitui a fatia superior, que inclui cerca de dois quintos da fossa do acetábulo. Superior ao acetábulo, a face glútea, larga e curvada do ílio proporciona uma extensa área para a inserção de músculos e ligamentos (Figura 7.10a). As **linhas glúteas anterior**, **posterior** e **inferior** marcam os locais de inserção dos *músculos glúteos* que movem o fêmur. A asa do ílio começa acima da **linha arqueada** (Figura 7.10b). A **margem anterior** inclui a **espinha ilíaca ântero-inferior**, superior à incisura ilíaca inferior, e continua anteriormente à **espinha ilíaca ântero-superior**. Curvando-se para trás, a margem superior sustenta a **crista ilíaca**, uma crista que marca as inserções de ligamentos e músculos. A crista ilíaca termina na **espinha ilíaca póstero-superior**. Inferiormente à espinha, a margem posterior do ílio continua para baixo até a **espinha ilíaca póstero-inferior** arredondada, que é superior **à incisura isquiática maior**, através da qual passa o nervo isquiático para o membro inferior.

Perto da margem superior e posterior do acetábulo, o ílio funde-se com o **ísquio**, que é responsável pelos dois quintos posteriores da fossa do acetábulo. O ísquio é o mais forte dos ossos do quadril. Posterior ao acetábulo, a proeminente **espinha isquiática** projeta-se acima da **incisura isquiática menor**. O restante do ísquio forma um processo sólido que se volta para medial e inferior. Uma projeção áspera, o **túber isquiático**, forma sua margem póstero-lateral. Na posição sentada, o peso do corpo é suportado pelos **túberes isquiáticos**. O estreito ramo do ísquio continua na direção de sua fusão anterior com o **púbis**.

No ponto de fusão, o ramo do ísquio encontra o **ramo inferior** do púbis. Anteriormente, o ramo inferior do púbis começa no **tubérculo púbico**, onde encontra o **ramo superior** do púbis*. As margens anterior e superior do ramo superior têm uma crista áspera, a **crista púbica**, que se estende medialmente a partir do tubérculo púbico. Os ramos superior e inferior do púbis e o ramo do ísquio circundam o **forame obturado**. Durante a vida, esse espaço é fechado por uma membrana obturadora de fibras de colágeno cujas superfícies interna e externa proporcionam uma base firme para a inserção dos músculos obturadores externo e interno. O ramo superior origina-se na margem anterior do acetábulo. No interior do acetábulo, o púbis entra em contato com o ílio e o ísquio.

As Figuras 7.10b e 7.11a mostram outras características visíveis nas faces medial e anterior do osso do quadril direito:

- A **fossa ilíaca** é a concavidade na face sacropélvica e ajuda a apoiar os órgãos abdominais, além de proporcionar uma área adicional para a inserção muscular. A linha arqueada marca a margem inferior da fossa ilíaca.
- A face sinfisial do corpo do púbis é uma área áspera que marca o local de articulação com o púbis do lado oposto. Nessa articulação, a **sínfise púbica**, os dois ossos púbicos são ligados por um disco interpúbico de cartilagem fibrosa.
- A **linha pectínea** começa perto da sínfise púbica e se estende diagonalmente através do ramo superior do púbis para se mesclar à linha arqueada, que continua na direção da **face auricular** do ílio. As faces auriculares do ílio e do sacro unem-se para formar a *articulação sacroilíaca.* Os ligamentos que emergem da **tuberosidade ilíaca** estabilizam essa articulação.
- Na face medial do ramo superior do púbis, encontra-se o **sulco obturatório**. À dissecação, os vasos sangüíneos e nervos obturatórios devem ser encontrados no interior desse sulco.

Pelve [Figuras 7.11 a 7.13]

A Figura 7.11 mostra uma vista anterior e uma posterior da **pelve**, que consiste em quatro ossos: os dois ossos do quadril, o sacro e o cóccix, que formam um anel ósseo constituído pelos ossos do quadril em suas paredes anterior e lateral, e o sacro e o cóccix, na parede posterior. Uma extensa rede de ligamentos conecta as margens laterais do sacro com a crista ilíaca, o túber isquiático, a espinha isquiática e a linha arqueada. Outros ligamentos conectam os ílios às vértebras lombares. Esses ligamentos aumentam a estabilidade da pelve.

A pelve pode ser subdividida em **pelve maior** *(falsa)* e **pelve menor** *(verdadeira)*. Os limites de cada uma estão indicados na Figura 7.12. A

* N. de R.T. O púbis apresenta um corpo entre os ramos superior e inferior. A crista púbica é um espessamento na parte anterior do corpo do púbis que termina lateralmente no tubérculo púbico.

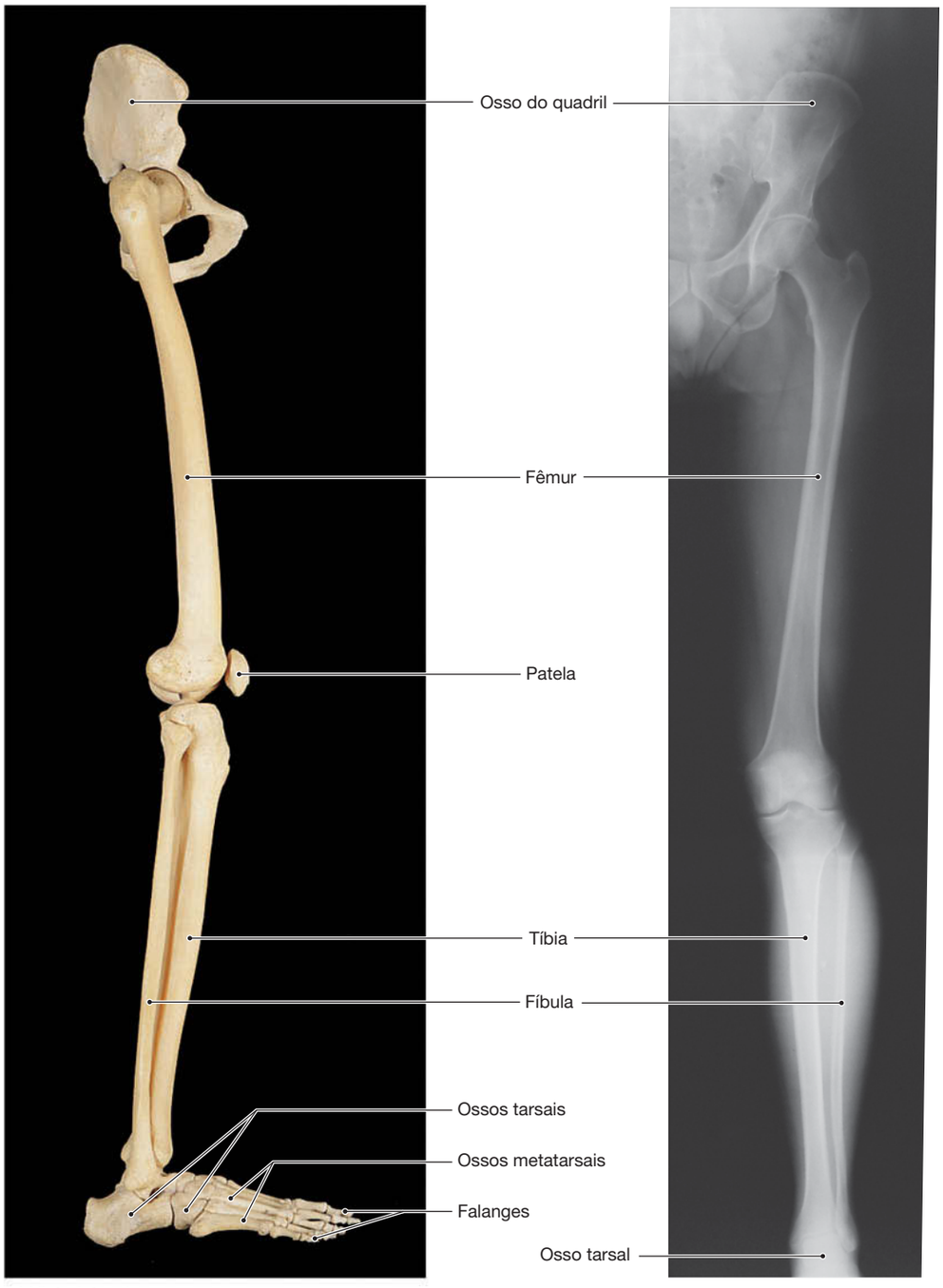
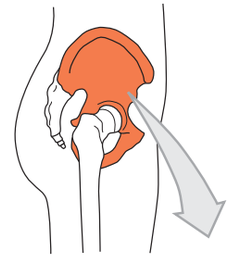


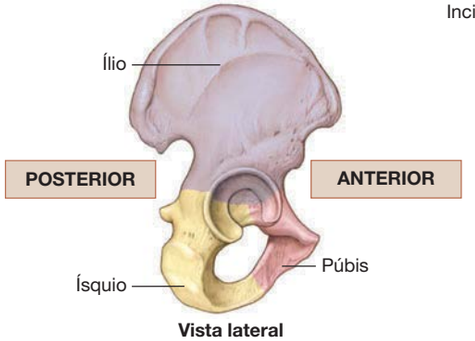
Figura 7.9 Cíngulo do membro inferior e membro inferior.
Cada um dos membros inferiores articula-se com o esqueleto axial por meio do cíngulo do membro inferior. **(a)** Membro inferior direito, vista lateral. **(b)** Radiografia, cíngulo do membro inferior e membro inferior, projeção ântero-posterior.

pelve maior consiste em porções expandidas, na forma de lâminas, as asas do ílio superiormente à linha arqueada. A pelve maior aloja os órgãos da porção inferior da cavidade abdominal. As estruturas inferiores à linha arqueada formam a pelve menor, que compõe os limites da cavidade pélvica. ∞ págs. 19-20 Essas estruturas pélvicas incluem as porções inferiores de cada ílio, ambos os ossos púbicos, os ísquios, o sacro e o cóccix. Em vista medial (**Figura 7.12b**), o limite superior da pelve menor é uma linha que se estende de ambos os lados da base do sacro, ao longo das linhas arqueada e pectínea (linha terminal), para a margem superior da sínfise púbica. A margem óssea da pelve menor denomina-se **margem pélvica**. O espaço circundado pela margem pélvica é a **abertura superior da pelve**.

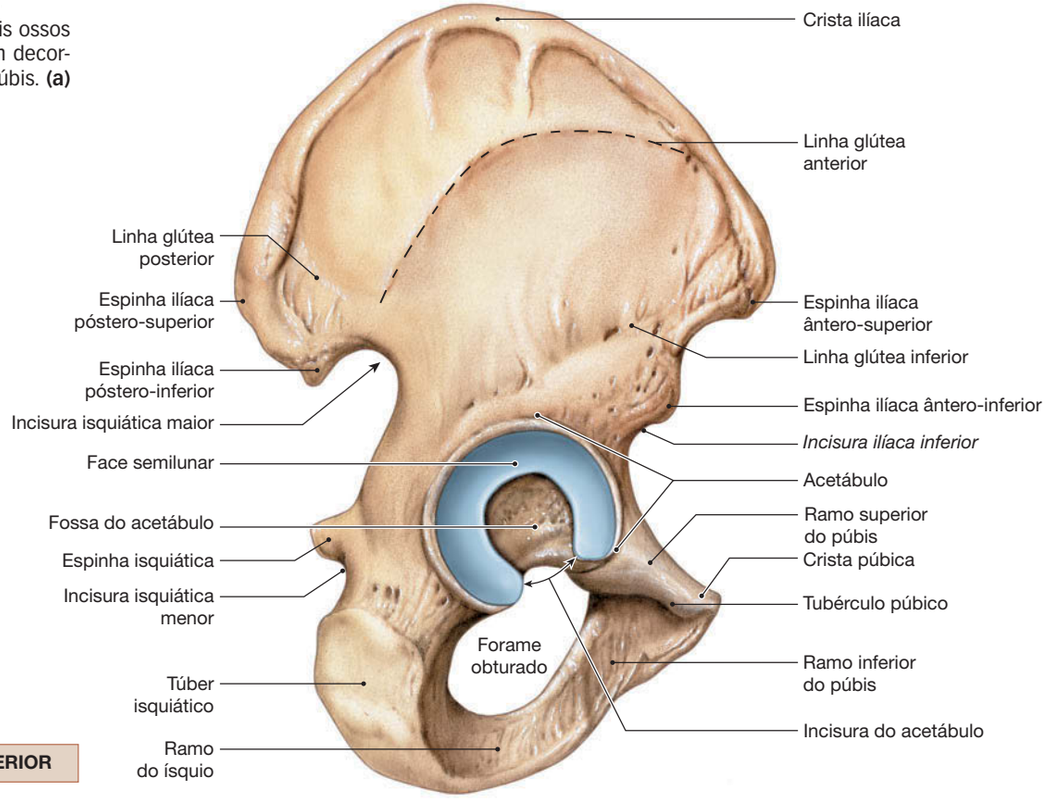
A **abertura inferior da pelve** é a abertura limitada pelas margens inferiores da pelve (**Figura 7.12a-c**), especificamente o cóccix, os túberes isquiáticos e a margem inferior da sínfise púbica. Durante a vida, a região da abertura inferior da pelve é chamada de *períneo*. Os músculos pélvicos formam o soalho da cavidade pélvica e sustentam os órgãos nela contidos. Esses músculos serão descritos no Capítulo 10.

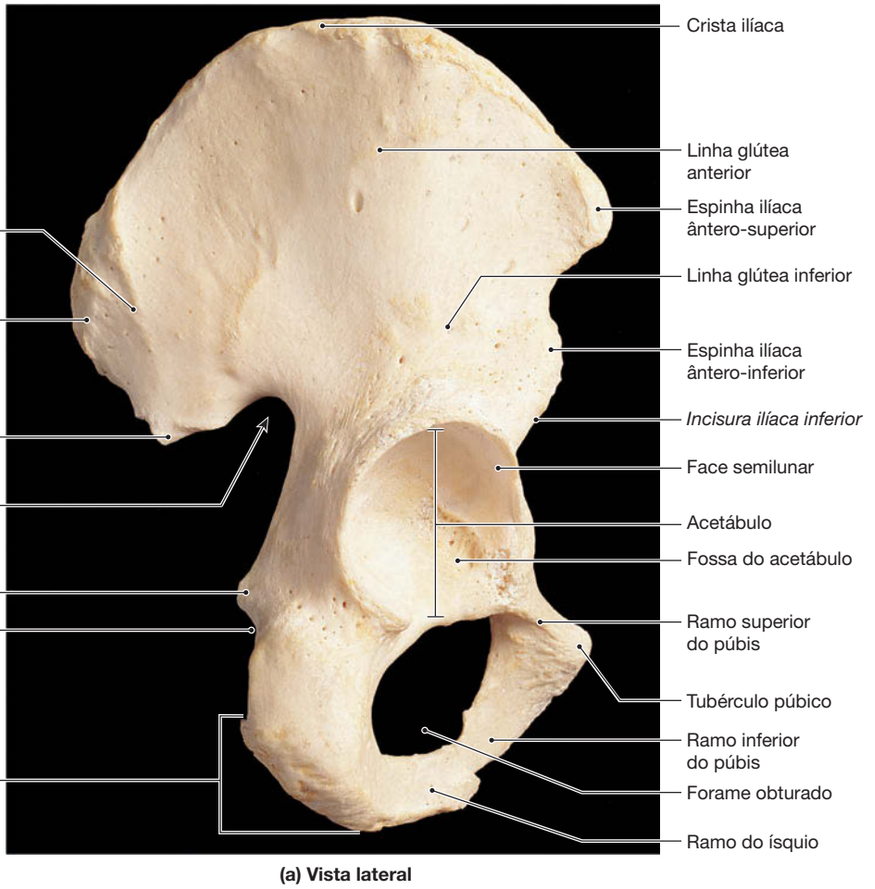
Figura 7.10 Cíngulo do membro inferior.
O cíngulo do membro inferior consiste nos dois ossos do quadril. Cada osso do quadril forma-se em decorrência da fusão de um ílio, um ísquio e um púbis. **(a)** Vista lateral. **(b)** Vista medial.



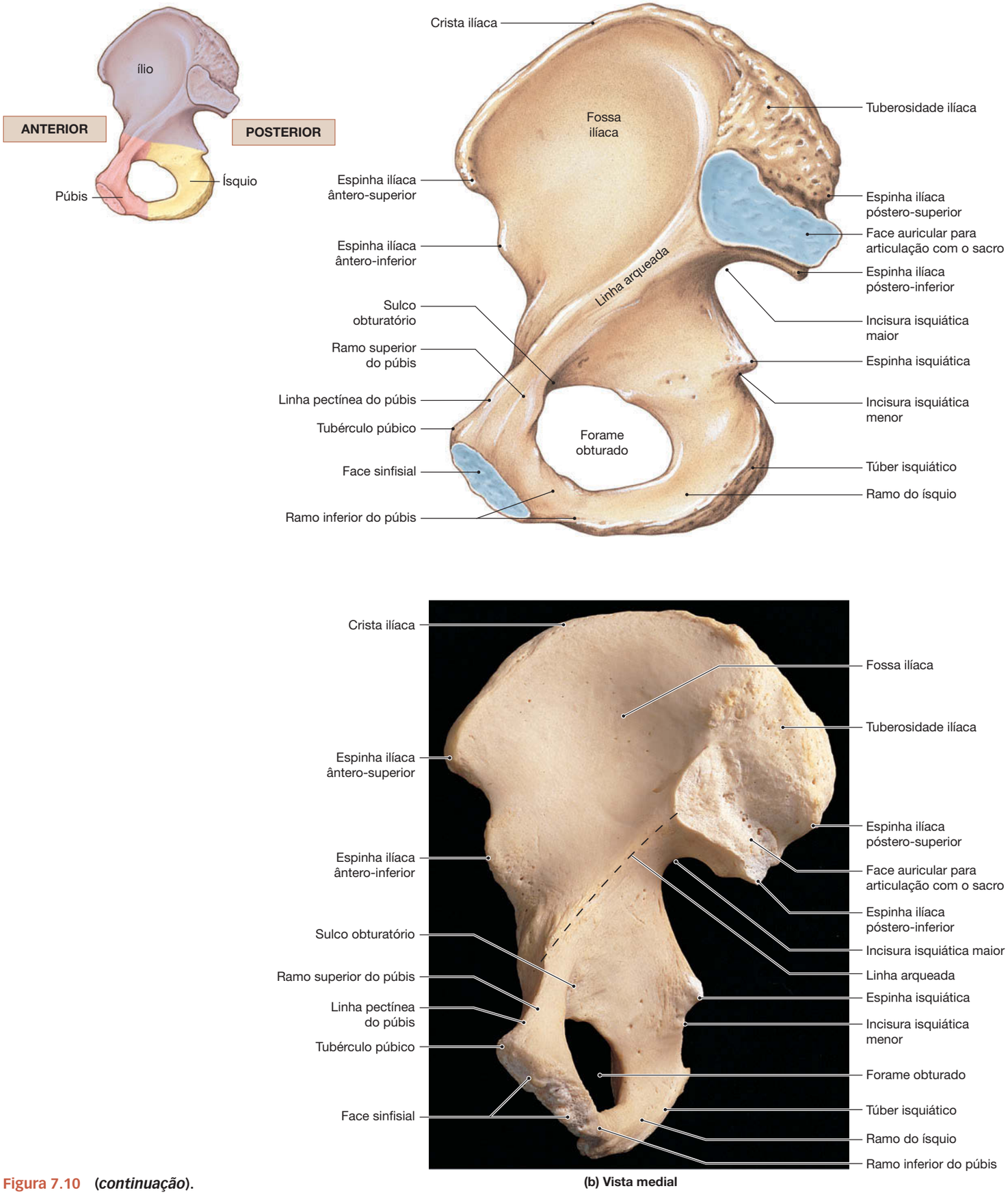


Vista lateral



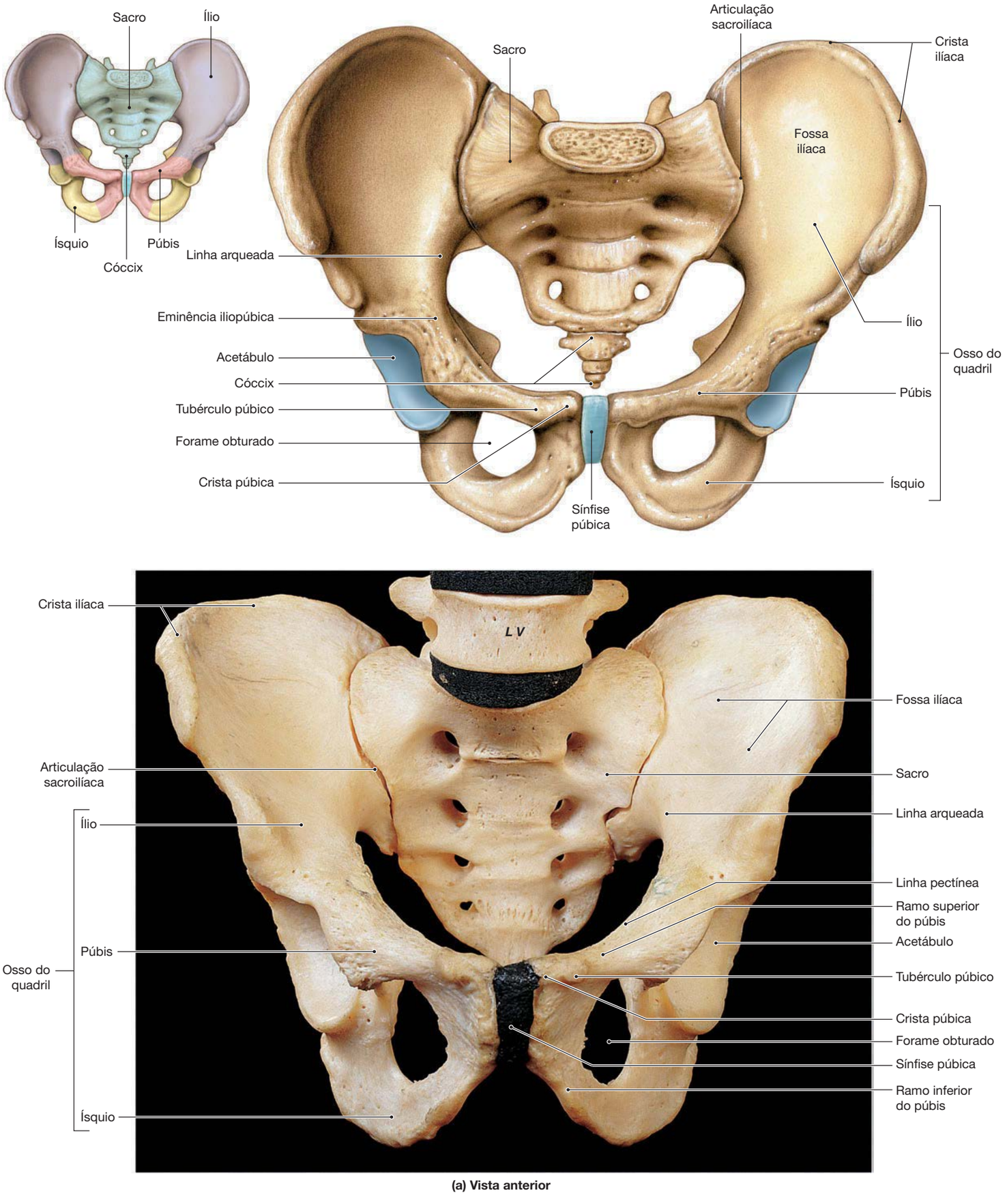


(a) Vista lateral



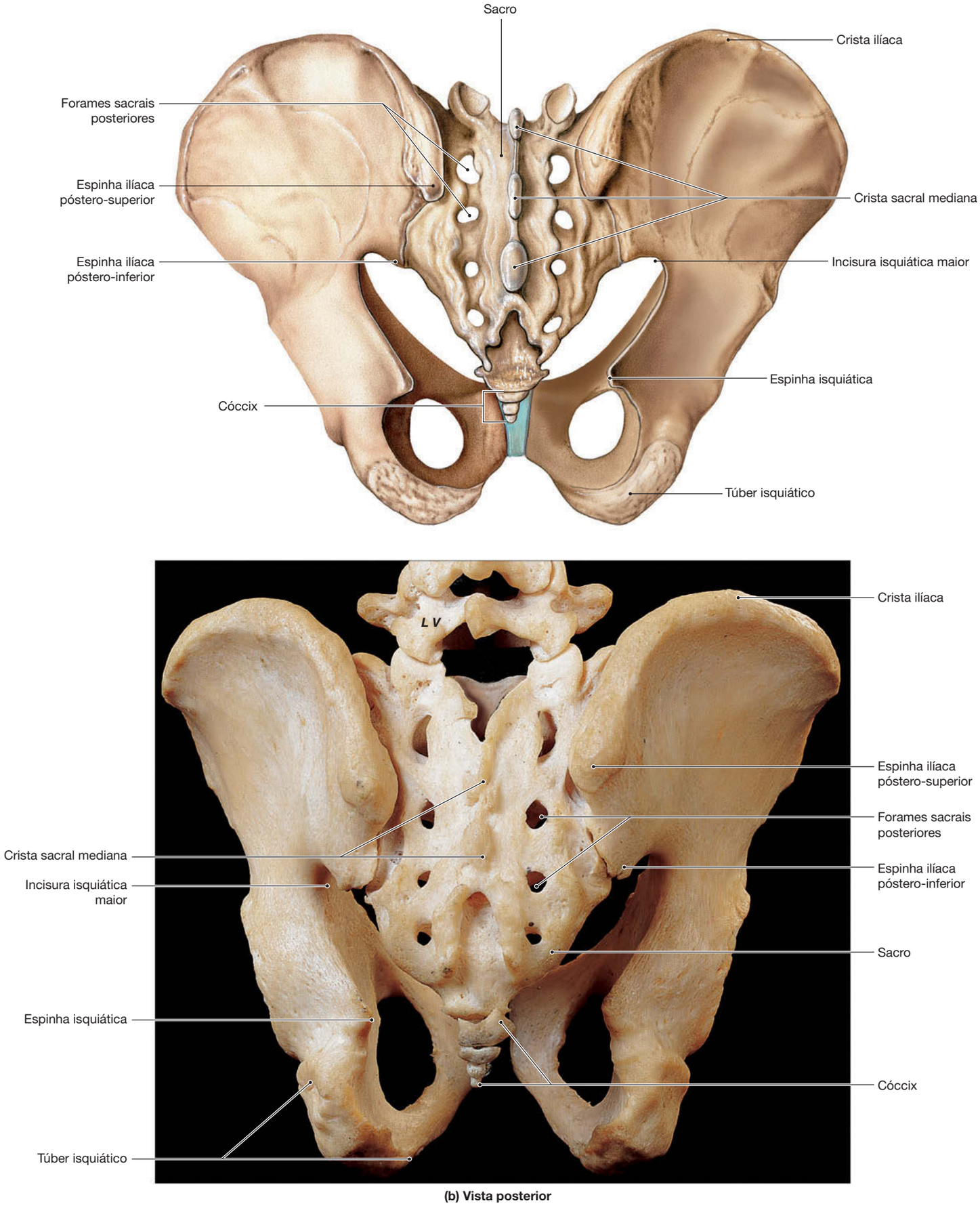
(b) Vista medial

Figura 7.10 (*continuação*).



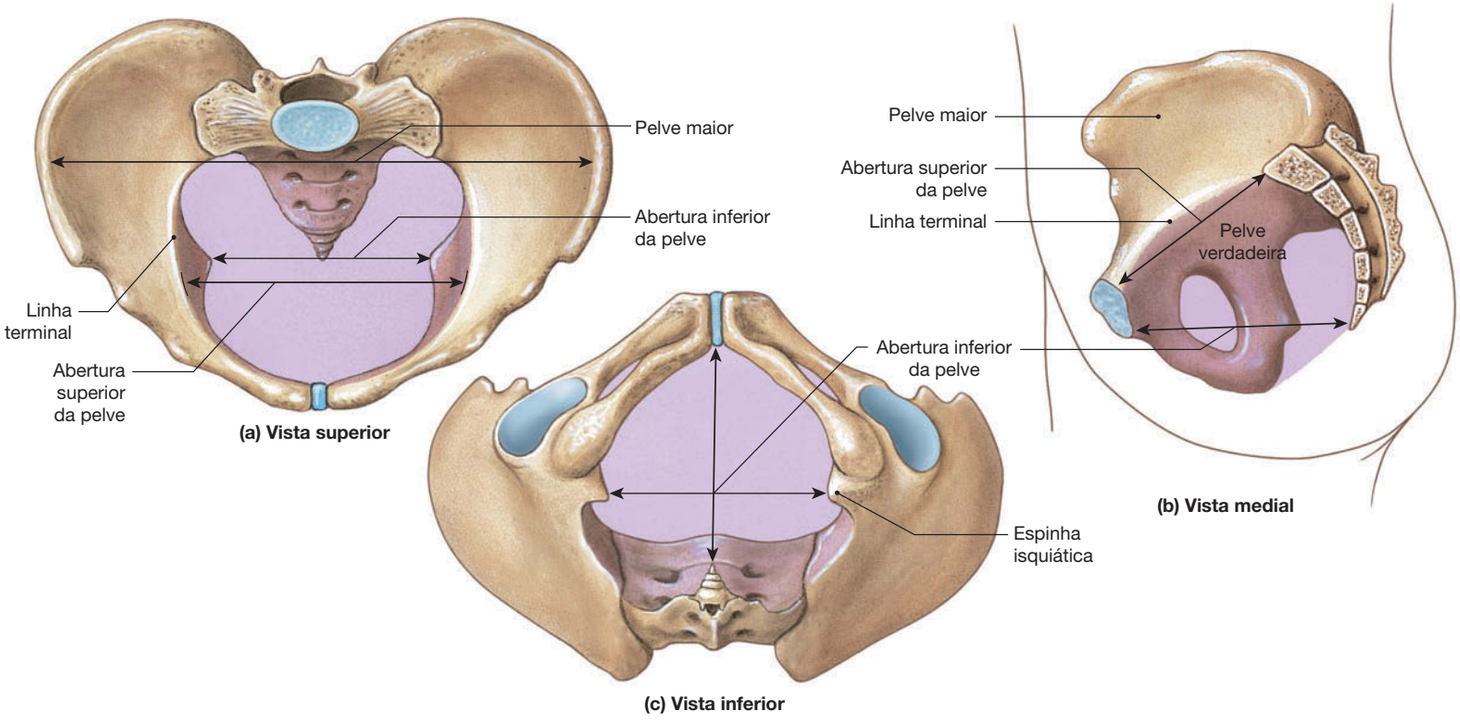
(a) Vista anterior

Figura 7.11 Pelve.
A pelve consiste nos dois ossos do quadril, no sacro e no cóccix. **(a)** Vista anterior da pelve de um adulto do sexo masculino. **(b)** Vista posterior.



(b) Vista posterior

Figura 7.11 (***continuação***).



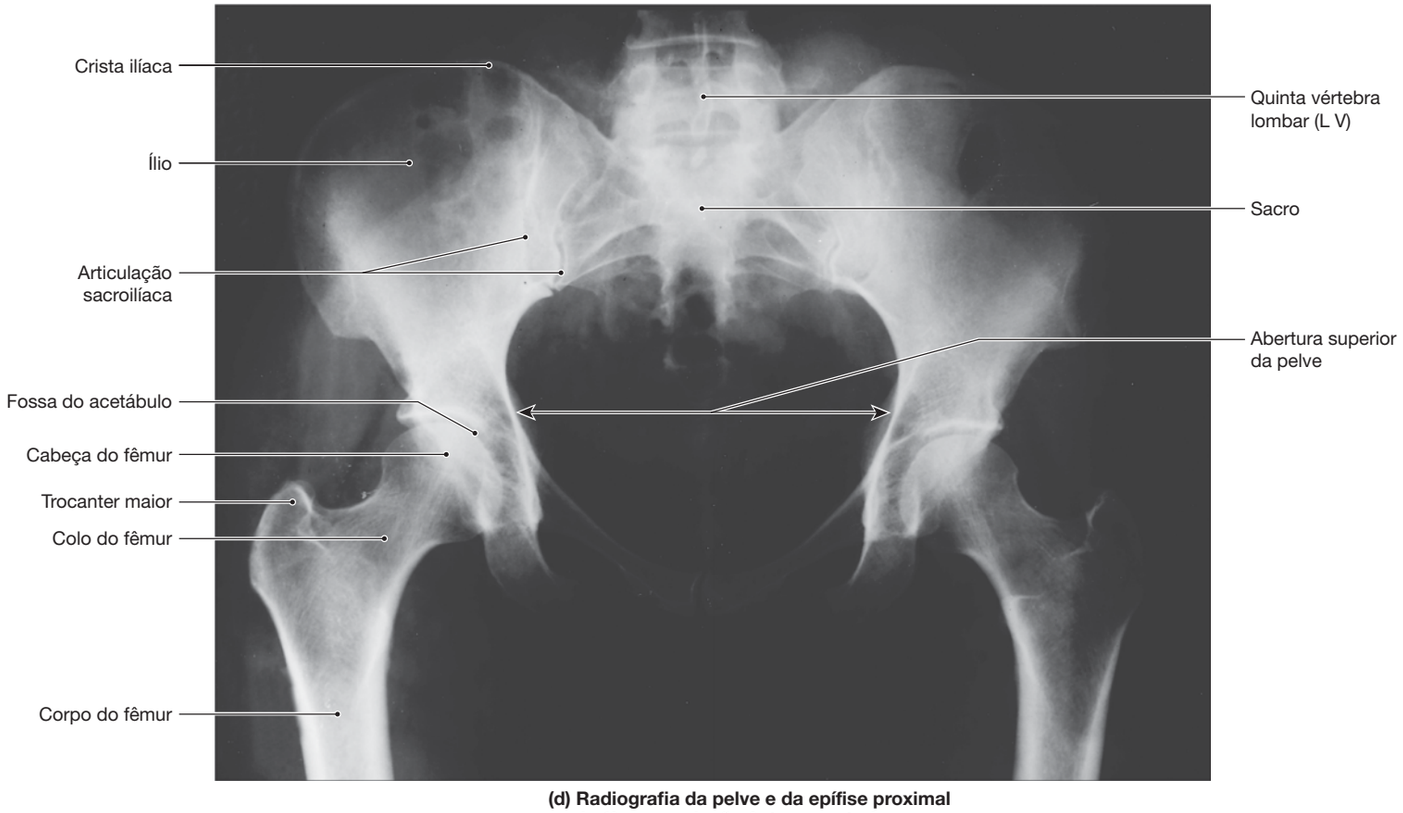


Figura 7.12 Divisões da pelve.
A pelve é subdividida em pelve menor (verdadeira) e pelve maior (falsa). **(a)** Vista superior, mostrando a linha terminal e a abertura superior da pelve de um homem. **(b)** Vista lateral, mostrando os limites da pelve menor (verdadeira) e da pelve maior (falsa). **(c)** Vista inferior, mostrando os limites da abertura inferior da pelve. **(d)** Radiografia (projeção ântero-posterior) da pelve e dos fêmures.

A Figura 7.12d mostra a pelve em vista anterior. A forma da pelve feminina é ligeiramente diferente da masculina (Figura 7.13). Algumas dessas diferenças são o resultado das variações do tamanho do corpo e da massa muscular. Como as mulheres têm, classicamente, menos massa muscular do que os homens, a pelve da mulher adulta é, via de regra, mais uniforme e mais leve e tem protuberâncias menores para inserção de músculos ou ligamentos. Outras diferenças são adaptações para a procriação, inclusive o seguinte:

- abertura inferior da pelve maior, devido, em parte, à maior distância entre as espinhas isquiáticas;
- menor curvatura no sacro e cóccix, que, no homem, se arqueiam para a abertura inferior da pelve;
- abertura superior da pelve mais larga e mais circular;
- parte inferior da pelve relativamente larga;
- asas do ílio com maior projeção lateral e menor projeção superior em relação à base do sacro; e
- *ângulo subpúbico* maior, sendo o ângulo entre os ossos púbicos superior a 100°.

Essas adaptações relacionam-se com (1) a sustentação do peso do feto em desenvolvimento e do útero e (2) a facilitação da passagem do bebê através da abertura inferior da pelve no momento do parto. Além disso, um hormônio produzido durante a gestação afrouxa a sínfise púbica, permitindo movimento relativo entre os ossos do quadril, o que pode aumentar ainda mais o tamanho das aberturas superior e inferior da pelve e, assim, facilitar o parto.

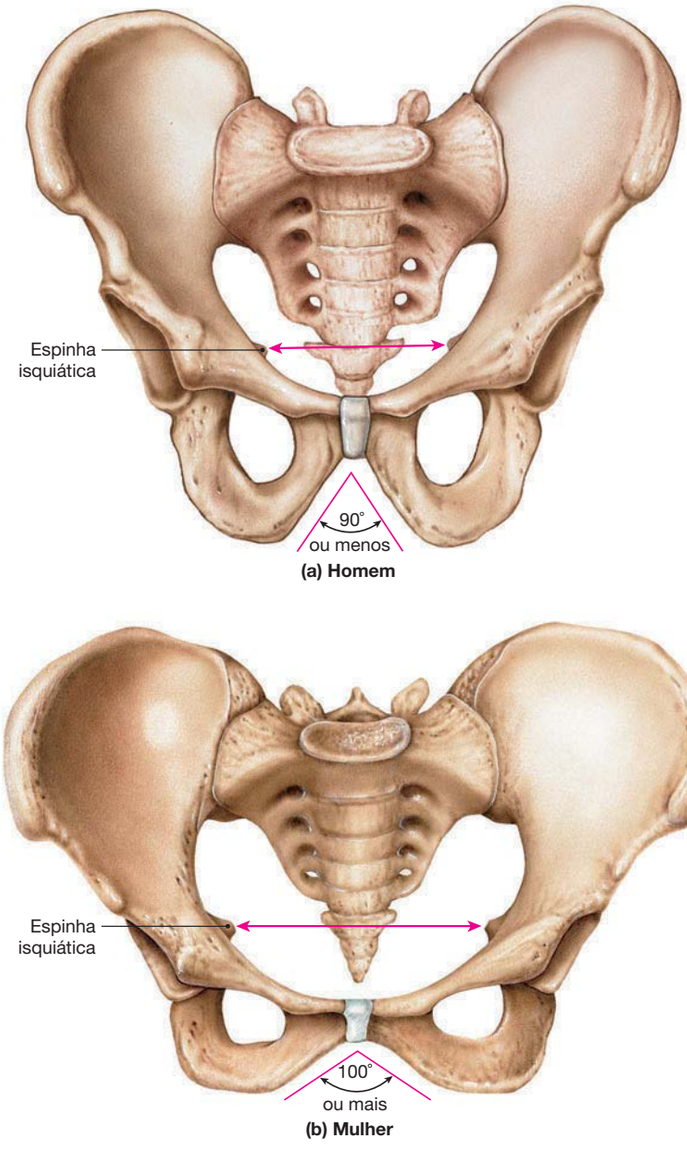


Figura 7.13 Diferenças anatômicas entre a pelve masculina e a feminina.
As setas pretas indicam o ângulo subpúbico. Observe o ângulo subpúbico muito mais agudo na pelve de **(a)** um homem, em comparação com o de **(b)** uma mulher. As setas vermelhas indicam a largura da abertura inferior da pelve (*ver Figura 7.12*). A pelve feminina tem abertura inferior muito maior.

Membro inferior [Figura 7.9]

O esqueleto do membro inferior consiste em fêmur, patela (rótula), tíbia e fíbula, ossos tarsais do tornozelo e ossos metatarsais e falanges do pé (Figura 7.9). A anatomia funcional do membro inferior é muito diferente da do membro superior, principalmente porque o membro inferior precisa transferir o peso do corpo para o solo.

Fêmur [Figuras 7.9/7.12a/7.14]

O **fêmur** (Figura 7.14) é o mais comprido e mais pesado osso do corpo. Distalmente, o fêmur articula-se com a tíbia da perna na articulação do joelho. Proximalmente, a **cabeça** arredondada do fêmur articula-se com a pelve no acetábulo (Figuras 7.9 e 7.12a). Um ligamento estabilizador (*ligamento da cabeça do fêmur*) liga-se à cabeça do fêmur em uma depressão, a **fóvea** da cabeça do fêmur (Figura 7.14b). Distalmente à cabeça, o **colo** une-se ao corpo (diáfise) em um ângulo de aproximadamente 125°. O corpo do fêmur é forte e maciço, mas se curva ao longo de seu comprimento (Figura 7.14a,d,e). Esse arco lateral facilita o apoio de peso e o equilíbrio, passando a ser bastante exacerbado se o esqueleto enfraquece; o apoio arqueado na marcha é característico de raquitismo, um distúrbio metabólico discutido no Capítulo 5. pág. 117

O **trocanter maior** projeta-se para lateral a partir da junção do colo ao corpo do fêmur. O **trocanter menor** tem origem na face pósteromedial do fêmur. Ambos os trocanteres desenvolvem-se onde grandes tendões inserem-se no fêmur. Na face anterior do fêmur, a **linha intertrocantérica** marca a margem distal da cápsula articular (Figura 7.14a,c). Essa linha continua na face posterior, entre os trocanteres, a **crista intertrocantérica** (Figura 7.14b,d). Inferiormente à crista intertrocantérica, a **linha pectínea** (medial) e a **tuberosidade glútea** (lateral) marcam a inserção do *músculo pectíneo* e do *músculo glúteo máximo*, respectivamente. Uma elevação proeminente, a **linha áspera**, corre ao longo do centro da face posterior do corpo do fêmur. Essa crista marca o local de inserção dos poderosos *músculos adutores*. Distalmente, a linha áspera divide-se nas linhas supracondilares **medial** e **lateral**, de modo a formar uma área triangular plana, a **face poplítea**. A linha supracondilar medial termina em uma projeção elevada e irregular, o **tubérculo do adutor**, no **epicôndilo medial**. A linha supracondilar lateral termina no **epicôndilo lateral**. Os **côndilos medial** e **lateral** suavemente arredondados são distais aos epicôndilos. Posteriormente, os côndilos lateral e medial estão separados por uma fossa intercondilar. Os côndilos, excetuando a fossa intercondilar, continuam inferior e anteriormente, onde suas faces articulares lisas se mesclam, produzindo uma face articular com margens laterais elevadas, a face patelar, sobre a qual a patela desliza (Figura 7.14a,f).

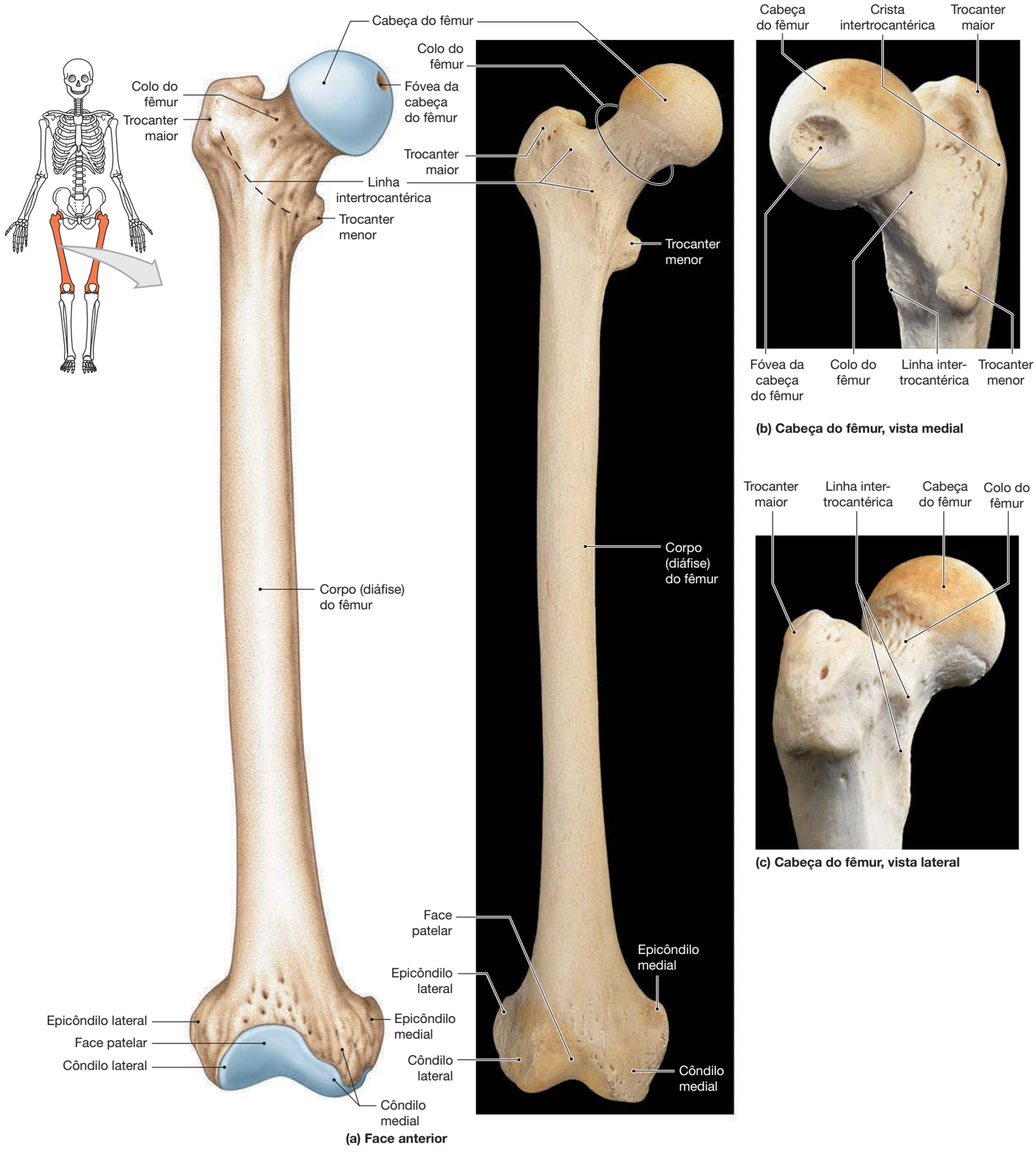


Figura 7.14 Fêmur.

(a) Referências anatômicas na face anterior do fêmur direito. **(b)** Vista medial da cabeça do fêmur. **(c)** Vista lateral da cabeça do fêmur. **(d)** Referências anatômicas na face posterior do fêmur direito. **(e)** Vista superior do fêmur. **(f)** Vista inferior do fêmur direito, mostrando as faces articulares que participam da articulação do joelho.

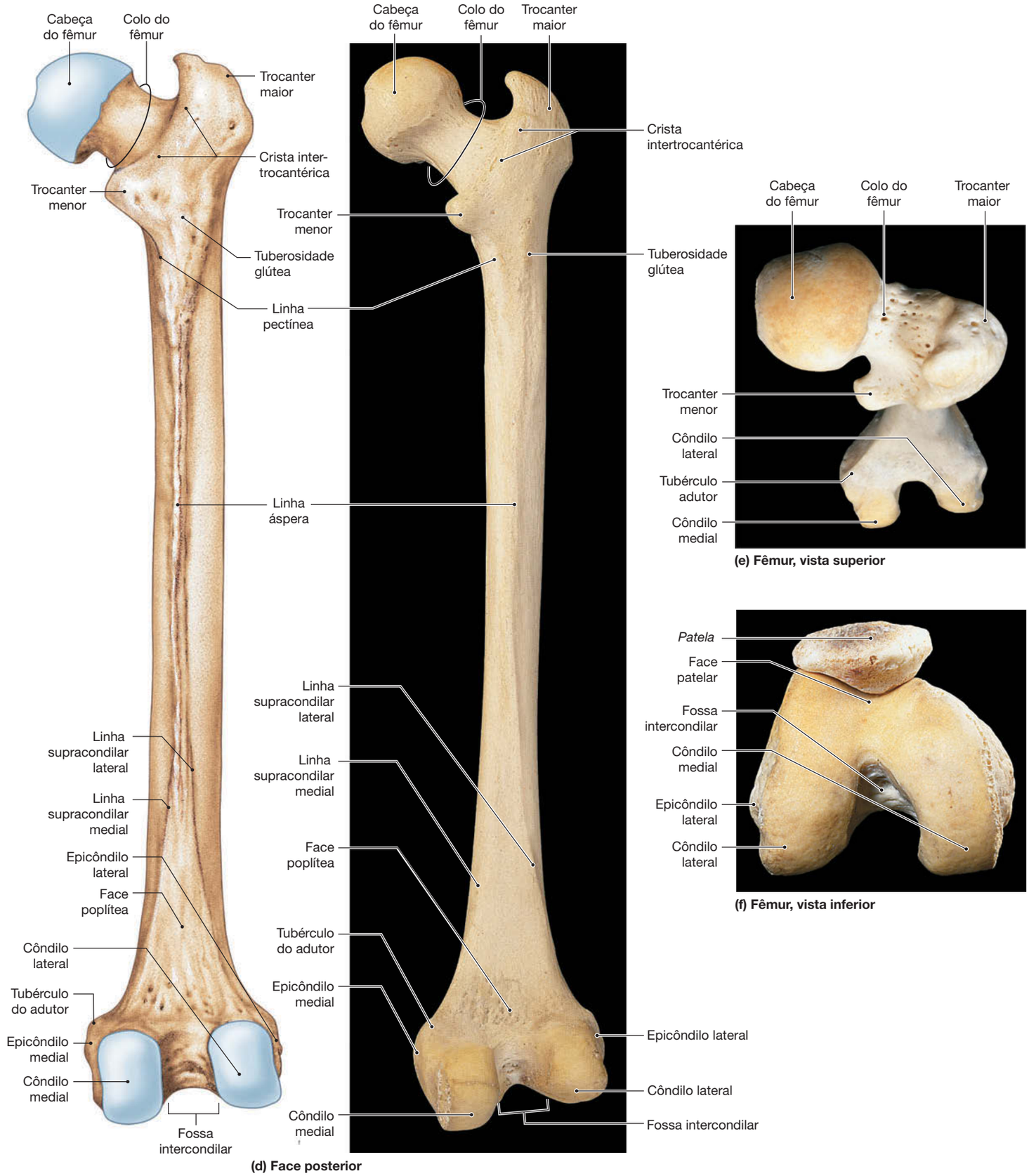


Figura 7.14 (*continuação*).

Patela [Figuras 7.14a,f/7.15]

A **patela** é um grande osso sesamóide que se forma no interior do tendão do músculo *quadríceps femoral,* um grupo de músculos que estende o joelho. Esse osso estende o *tendão do músculo quadríceps femoral,* protege a face anterior da articulação do joelho e aumenta a força de contração do músculo quadríceps femoral. A patela de formato triangular tem uma face anterior convexa e áspera (Figura 7.15a). Tem **base** superior larga e ápice inferior mais ou menos **pontudo**. A face anterior e a base garantem a inserção do tendão do músculo quadríceps femoral, e o *ligamento da patela* estende-se a partir do ápice da patela até a tíbia. A face articular posterior (Figura 7.15b) apresenta duas **faces** côncavas *(medial* e *lateral)* para articulação com os côndilos medial e lateral do fêmur (Figura 7.14a,f).

Tíbia [Figura 7.16]

A **tíbia** é o grande osso medial da perna (Figura 7.16). Os côndilos medial e lateral do fêmur articulam-se com os **côndilos medial** e **lateral** da epífise proximal da tíbia. O côndilo lateral é mais proeminente e possui uma face para articulação com a fíbula na *articulação tibiofibular.* Uma crista, a **eminência intercondilar**, separa os côndilos medial e lateral da tíbia (Figura 7.16b,d) e apresenta os tubérculos intercondilares medial e lateral. A tuberosidade da tíbia, áspera e proeminente, situada anteriormente na tíbia e inferiormente aos côndilos, marca a inserção do forte ligamento da patela. A tuberosidade da tíbia é facilmente palpada através da pele.

A **margem anterior** é uma crista que começa na extremidade distal da tuberosidade da tíbia e se estende distalmente ao longo do corpo da tíbia. A margem anterior da tíbia pode ser palpada através da pele. A margem lateral do corpo da tíbia é a **margem interóssea**, de onde uma membrana fibrosa rica em colágeno (membrana interóssea da perna) estende-se para a **margem medial** da fíbula. Distalmente, a tíbia vai se estreitando, e a margem medial termina em um grande processo, o **maléolo medial** (*malleolus,* martelo). A face articular inferior da tíbia (Figura 7.16e) forma uma articulação em dobradiça com o *tálus,* o osso proximal da região tarsal. Nesse local, a tíbia passa o peso do corpo, recebido do fêmur no joelho, para o pé, através da articulação do tornozelo, ou *articulação talocrural.* O maléolo medial proporciona sustentação medial para essa articulação, evitando o deslizamento lateral da tíbia através do tálus. A face posterior da tíbia apresenta uma linha proeminente, a **linha para o músculo sóleo** (Figura 7.16d). Esta linha marca a inserção de músculos da perna, principalmente os músculos *poplíteo* e *sóleo.*

Fíbula [Figura 7.16]

A fina **fíbula** é paralela à margem lateral da tíbia (Figura 7.16). A **cabeça** da fíbula articula-se com a face articular fibular do côndilo lateral da tíbia. A margem medial do corpo da fíbula liga-se à tíbia pela *membrana interóssea da perna,* que se estende da **margem interóssea** da fíbula à da tíbia. A vista de uma secção através dos corpos da tíbia e da fíbula (Figura 7.16e) mostra as localizações das margens interósseas tibial e fibular e da *membrana interóssea da perna* que se estende entre elas. Essa membrana ajuda a estabilizar as posições dos dois ossos e proporciona uma área adicional para inserção muscular.

A fíbula é excluída da articulação do joelho e não transfere peso para o tornozelo e o pé. Contudo, é um local importante para inserção muscular. Além disso, a ponta distal da fíbula fornece apoio lateral para a articulação do tornozelo. Esse processo fibular, o **maléolo lateral**, dá estabilidade à articulação do tornozelo porque evita o deslizamento medial da tíbia pela face superior do tálus.

Ossos tarsais [Figuras 7.17/7.18]

O **tarso** contém sete **ossos tarsais**: *tálus, calcâneo, cubóide, navicular* e três *cuneiformes* (Figuras 7.17 e 7.18).

- O **tálus** é o segundo maior osso do pé. Transmite o peso do corpo a partir da parte anterior da tíbia na direção dos dedos do pé. A articulação talocrural (do tornozelo) é entre o tálus e a tíbia, envolvendo a face superior lisa da **tróclea** do tálus. A tróclea tem extensões lateral e medial, as faces maleolares lateral e medial, que se articulam com o maléolo lateral (fíbula) e o maléolo medial (tíbia). As superfícies do tálus, em ambos os lados, são ásperas onde os ligamentos o conectam com a tíbia e a fíbula, estabilizando ainda mais a articulação do tornozelo.
- O **calcâneo**, ou osso do calcanhar, é o maior dos ossos tarsais e pode ser facilmente palpado. Quando você fica em pé normalmente, a maior parte do seu peso é transmitida da tíbia para o tálus e deste para o calcâneo e, a seguir, para o solo. Posterior-

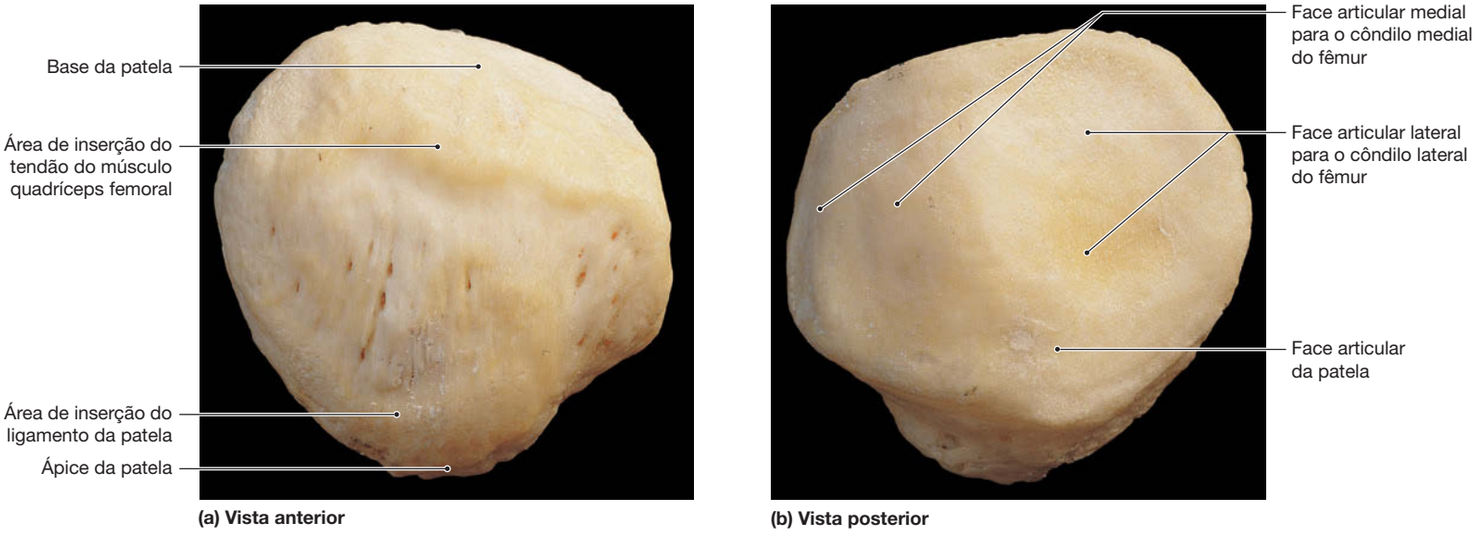
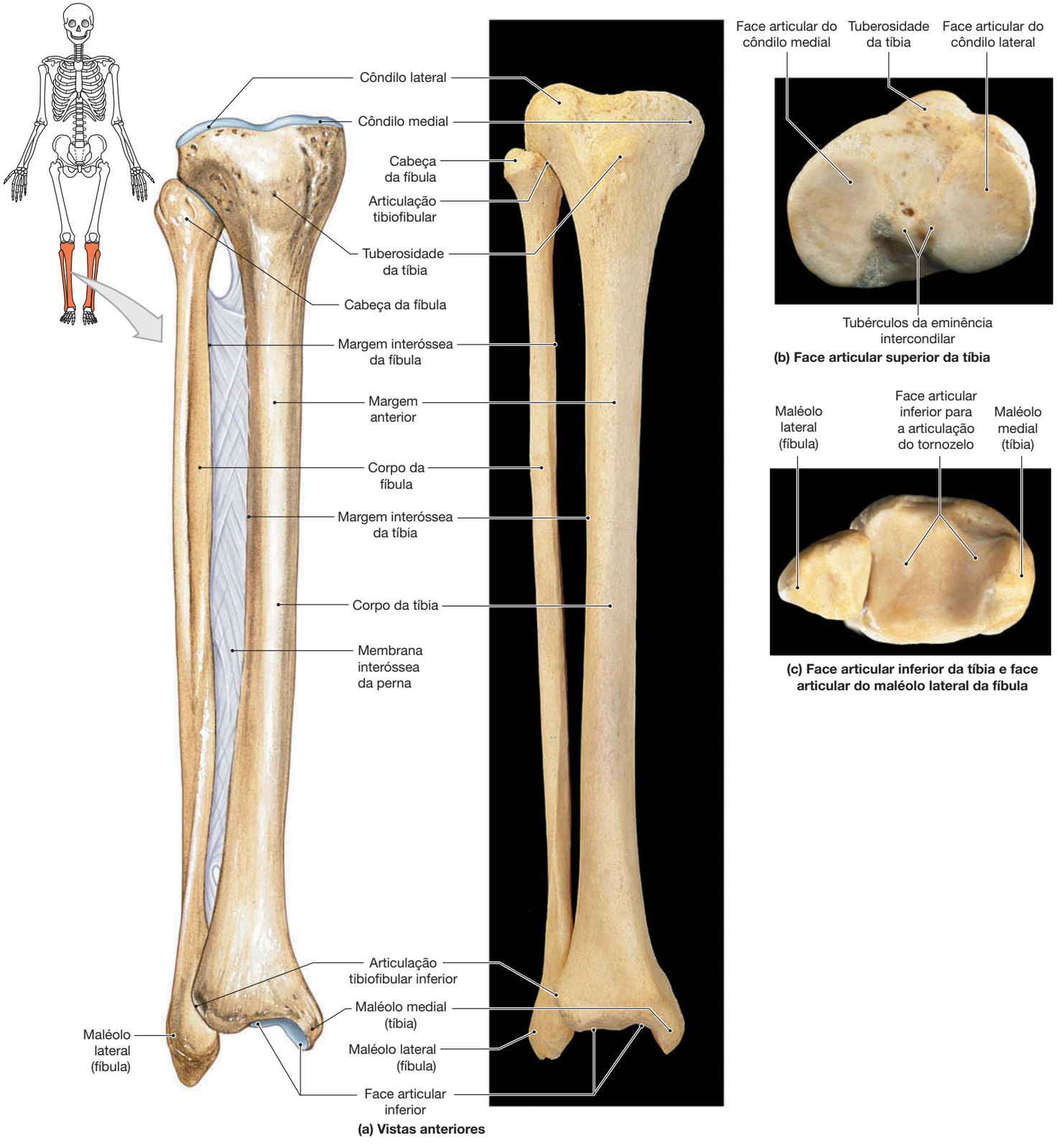


Figura 7.15 Patela.
Este osso sesamóide forma-se no interior do tendão do *músculo quadríceps femoral.* **(a)** Face anterior da patela direita. **(b)** Face posterior.



(a) Vistas anteriores

(b) Face articular superior da tíbia

(c) Face articular inferior da tíbia e face articular do maléolo lateral da fíbula

Figura 7.16 Tíbia e fíbula.

(a) Vistas anteriores da tíbia e da fíbula direitas. **(b)** Vista superior da epífise proximal da tíbia. **(c)** Vista inferior das faces articulares da tíbia e da fíbula, mostrando as faces que participam da articulação do tornozelo. *(Continua na página seguinte)*

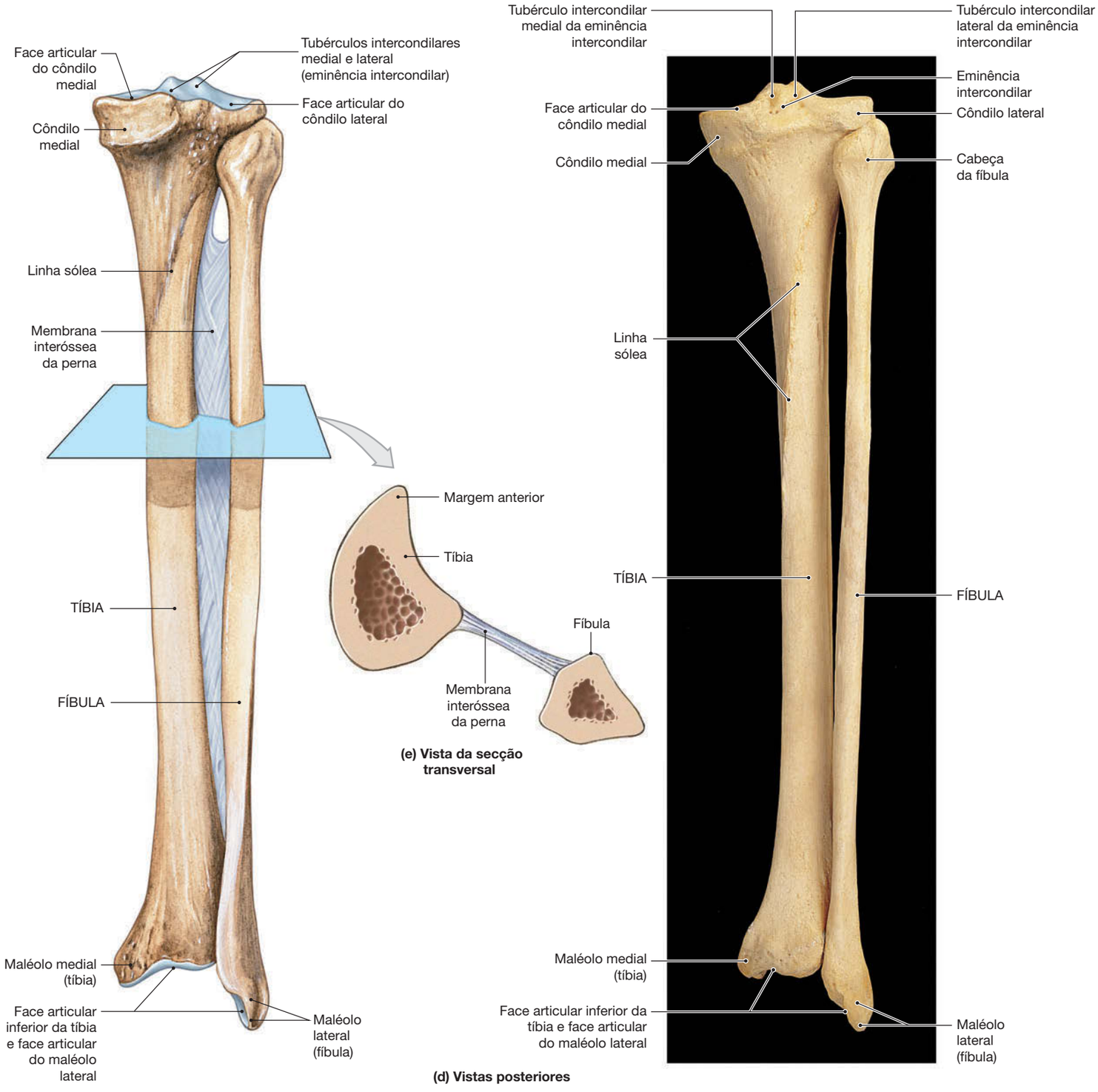


Figura 7.16 (***continuação***).
(d) Vistas posteriores da tíbia e da fíbula direitas. **(e)** Vista da secção transversal no plano indicado na parte (d).

mente, o calcâneo apresenta uma projeção áspera em forma de maçaneta, a tuberosidade do calcâneo, que é o local de inserção do *tendão do calcâneo* (ou *tendão de Aquiles*) e de parte do músculo tríceps sural, forte músculo da "panturrilha". Esse músculo eleva o calcanhar e levanta a planta do pé do solo, como quando ficamos na ponta dos dedos (flexão plantar). O calcâneo apresenta, superior e anteriormente, faces articulares lisas para a articulação com outros ossos tarsais.

- O **cubóide** articula-se com a face anterior lateral do calcâneo, a face articular do cubóide.
- O **navicular**, localizado medialmente no tarso, articula-se com a face anterior do tálus. A face distal do navicular articula-se com os três ossos cuneiformes.
- Os três ossos **cuneiformes** têm forma de cunha e são organizados em uma fileira, sendo que as articulações entre eles situam-se

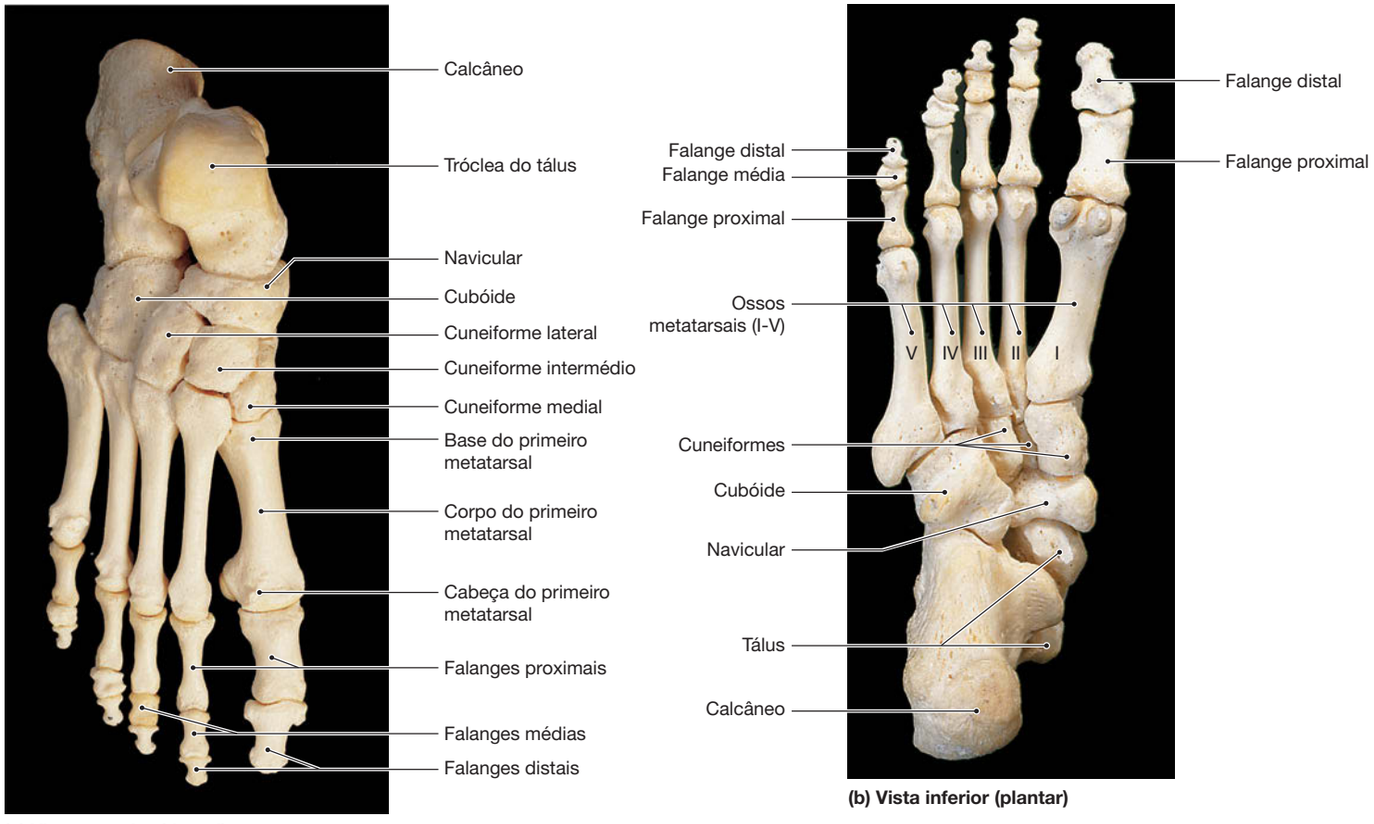


Figura 7.17 Ossos do pé, parte I.
(a) Vista superior dos ossos do pé direito. Observe a orientação dos ossos tarsais que transferem o peso do corpo para o calcanhar e para a face plantar do pé. **(b)** Vista inferior (plantar).

anteriormente ao navicular. São denominados de acordo com sua posição: **cuneiforme medial**, **cuneiforme intermédio** e **cuneiforme lateral**. Proximalmente, os cuneiformes articulam-se com a face anterior do navicular. O cuneiforme lateral também se articula com a face medial do cubóide. As faces distais do cubóide e dos cuneiformes articulam-se com os ossos metatarsais.

Ossos metatarsais e falanges [Figuras 7.17/7.18]

Os **ossos metatarsais** são cinco ossos longos que formam o *metatarso* (ou porção média) do pé (Figuras 7.17 e 7.18). Os ossos metatarsais são identificados com números romanos I-V, indo desde medial até lateral através da planta do pé. Proximalmente, os três primeiros ossos metatarsais articulam-se com os três cuneiformes, e os dois últimos articulam-se com o cubóide. Distalmente, cada osso metatarsal articula-se com uma falange proximal diferente. Os ossos metatarsais ajudam a apoiar o peso do corpo em posição ortostática durante a marcha e a corrida.

As 14 **falanges**, ou ossos dos dedos do pé, têm a mesma organização anatômica que as falanges dos dedos da mão. O **hálux** tem duas falanges (falanges proximal e distal), e os outros quatro dedos do pé têm três falanges cada um (proximal, média e distal).

Arcos do pé [Figura 7.18b] Os arcos do pé destinam-se a realizar duas tarefas contrastantes. Primeiro, o pé recebe o peso do corpo, enquanto, simultaneamente, se adapta às superfícies variáveis durante a marcha ou a corrida. Para tanto, os arcos devem ser flexíveis o suficiente para amortecer as forças ao mesmo tempo que se adaptam aos contornos da superfície do solo. Segundo, o pé funciona como uma plataforma estável que é capaz de sustentar o peso do corpo na posição ortostática. Para isso, os arcos do pé devem funcionar como uma alavanca rígida enquanto distribuem o peso do corpo por todo o pé.

A transferência de peso ocorre ao longo do **arco longitudinal** do pé (Figura 7.18b). Os ligamentos e tendões mantêm esse arco fixando o calcâneo às epífises distais dos ossos metatarsais. A margem lateral do pé sustenta a maior parte do peso do corpo na posição ortostática normal. A curvatura da parte lateral do arco longitudinal do pé é menor do que a da parte medial a qual apresenta maior elasticidade. Como resultado, a face medial, plantar permanece elevada, e os músculos, nervos e vasos sangüíneos que suprem a planta do pé não ficam comprimidos entre os ossos metatarsais e o solo. A elasticidade da parte medial do arco longitudinal do pé ajuda a absorver os impactos causados pelas mudanças repentinas de carga. Por exemplo, o amortecimento das pressões exercidas durante a corrida ou balé. Como o grau de curvatura muda da margem medial para a lateral do pé, também existe um **arco transverso**. Na condição conhecida como *pé chato*, os arcos normais se perdem ("caem") ou nunca se formam. Os indivíduos com esse problema não podem andar longas distâncias.

Quando você fica em pé normalmente, seu peso corporal é distribuído por igual entre o calcâneo e as extremidades distais dos ossos metatarsais. A quantidade de peso transferida para a frente depende da posição do pé e da colocação do peso do corpo. Durante a flexão dorsal do pé, como ocorre quando pisamos com o calcanhar, todo o peso do corpo repousa no calcâneo. Durante a flexão plantar, ou ao ficar na ponta do pé, o tálus e o calcâneo transferem o peso para os ossos metatarsais e falanges por meio dos ossos tarsais mais anteriores.

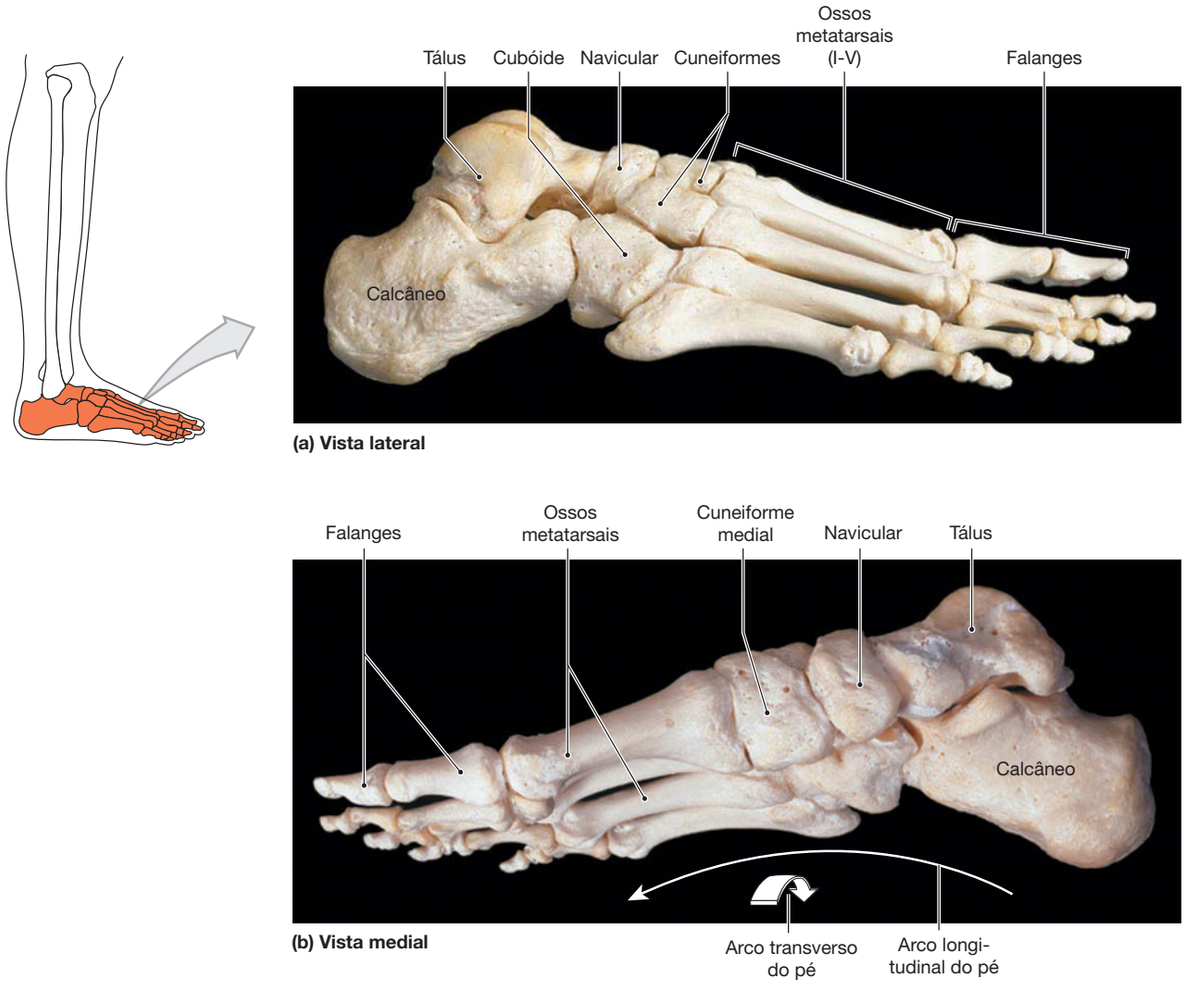


Figura 7.18 Ossos do pé, parte II.
(a) Vista lateral. **(b)** Vista medial, mostrando as posições relativas dos ossos tarsais e a orientação dos arcos transverso e longitudinal do pé.

REVISÃO DOS CONCEITOS

1. Quais são os três ossos que compõem o osso do quadril?
2. A fíbula não faz parte da articulação do joelho nem o flexiona; porém, quando se fratura, a marcha torna-se difícil. Por quê?
3. Ao saltar alguns degraus, Marcos, de 10 anos de idade, cai sobre o calcanhar esquerdo e quebra o pé. Qual osso do pé tem mais probabilidade de ter se quebrado?
4. Descreva pelo menos três diferenças entre a pelve masculina e a feminina.
5. Onde o peso do corpo recai durante a flexão dorsal? E durante a flexão plantar?

Veja a seção de Respostas na parte final do livro.

Variação individual do sistema esquelético [Tabelas 7.1/7.2]

Um estudo abrangente do esqueleto humano pode revelar informações importantes sobre o indivíduo. Por exemplo, existem diferenças raciais peculiares em partes do esqueleto, em especial o crânio, e o desenvolvimento de várias protuberâncias e da massa óssea em geral podem permitir uma estimativa do desenvolvimento muscular. Detalhes como a condição dos dentes ou a presença de fraturas consolidadas podem fornecer informações sobre a história médica do indivíduo. Dois detalhes importantes, sexo e idade, podem ser determinados ou estimados com bastante precisão com base nas medidas indicadas nas Tabelas 7.1 e 7.2. A Tabela 7.1 identifica diferenças peculiares entre o esqueleto de homens e mulheres, mas nem todos os esqueletos mostram todas as características na forma dos detalhes clássicos. Muitas diferenças, inclusive as protuberâncias no crânio, o volume craniano e as características esqueléticas gerais, refletem variações no tamanho médio do corpo, na massa muscular e na força muscular. As mudanças gerais no sistema esquelético que podem ocorrer com a idade estão resumidas na Tabela 7.2. Observe como essas mudanças começam aos 3 meses de vida e continuam durante toda a vida. Por exemplo, a fusão das cartilagens epifisiais começa mais ou menos aos 3 meses de vida, enquanto as alterações degenerativas no sistema esquelético normal, como a redução do teor de minerais na matriz óssea, não tem início antes dos 30 a 45 anos de idade.

Resumo de embriologia

Para um resumo do desenvolvimento do esqueleto apendicular, consulte o Capítulo 28 (Embriologia e Desenvolvimento Humano).

Nota clínica

Problemas com o tornozelo e o pé Os arcos longitudinal e transverso do pé, em geral, estão presentes ao nascimento. Às vezes, porém, eles não se desenvolvem adequadamente. No **tálipe equinovaro congênito (pé torto)**, o desenvolvimento anormal dos músculos distorce os ossos e as articulações em crescimento. Um ou ambos os pés podem ficar comprometidos, e a condição pode ser leve, moderada ou grave. Na maioria dos casos, a tíbia, o tornozelo e o pé são afetados; o arco longitudinal é exagerado e os pés são voltados para medial e invertidos. Se ambos os pés estiverem envolvidos, as plantas dos pés voltam uma para a outra. Essa condição, que afeta dois nascidos em 1.000, é quase duas vezes mais comum em meninos do que em meninas. O tratamento imediato com gesso ou outros suportes na lactância ajuda a minimizar o problema, e menos da metade dos casos exige cirurgia.

A pessoa com **pé chato** perde ou nunca desenvolve o arco longitudinal. Os "arcos caídos" desenvolvem-se quando os tendões e ligamentos se estiram e ficam menos elásticos. Até 40% dos adultos têm pé chato, mas nenhuma medida é necessária, a não ser que haja dor. Os indivíduos com desenvolvimento anormal do arco longitudinal do pé têm maior probabilidade de sofrer lesões no metatarso. Os indivíduos obesos e os que precisam ficar em pé ou caminhar constantemente no trabalho são prováveis candidatos. As crianças têm articulações muito móveis e ligamentos elásticos, de modo que, em geral, têm pés chatos e flexíveis. Esse tipo de pé parece chato só quando elas estão em posição ortostática, e o arco aparece quando ficam na ponta do pé ou se sentam. Na maioria dos casos, o problema desaparece com o crescimento.

O *pé em garra* é produzido por anormalidades musculares. Nos indivíduos com pé em garra, a parte medial do arco longitudinal é exagerada, porque os flexores plantares sobrepujam os extensores dorsais. As causas incluem degeneração muscular e paralisia nervosa. A condição tende a piorar progressivamente com a idade.

Mesmo o tornozelo e o pé normais estão sujeitos a uma série de pressões durante as atividades diárias. Em um **entorse**, o ligamento é estirado até o ponto em que algumas de suas fibras de colágeno se rompem. O ligamento continua funcional e a estrutura da articulação não é afetada. A causa mais comum de entorse do tornozelo é a inversão forçosa do pé, que estira o ligamento colateral lateral. Via de regra, é preciso usar bolsa de gelo para reduzir o inchaço. Com repouso e apoio, o ligamento cicatriza em cerca de três semanas.

Em incidentes mais graves, todo o ligamento pode ser lacerado e rompido, ou a conexão entre o ligamento colateral lateral e o maléolo lateral pode ser tão forte que o osso fratura, em vez do ligamento. Em geral, o osso fraturado consolida mais rapidamente e com maior eficiência do que a ruptura completa do ligamento. Essas lesões podem ser acompanhadas por luxação.

Na **fratura do dançarino**, a epífise proximal do quinto metatarsal é fraturada. A maioria desses casos ocorre enquanto o peso do corpo está sendo apoiado pelo arco longitudinal do pé. Um desvio súbito do peso da parte medial do arco longitudinal para a parte lateral, menos elástica, fratura o quinto metatarsal em sua articulação distal.

TABELA 7.1 Diferenças sexuais no esqueleto humano adulto

Região/característica	Homens	Mulheres
CRÂNIO		
Aparência geral	Mais pesado; faces mais ásperas	Mais leve; faces mais lisas
Fronte	Mais inclinada	Mais vertical
Seios	Maiores	Menores
Crânio	Cerca de 10% maior (média)	Cerca de 10% menor
Mandíbula	Maior, mais robusta	Mais leve, menor
Dentes	Maiores	Menores
PELVE		
Aparência geral	Estreita; robusta; face mais áspera	Larga; leve; face mais lisa
Abertura superior da pelve	Em forma de coração	Oval a redonda
Fossa ilíaca	Mais profunda	Mais rasa
Ílio	Mais vertical; em relação à articulação sacroilíaca, possui maior extensão superior	Menos vertical; em relação à articulação sacroilíaca, tem menor extensão superior
Ângulo subpúbico	Menos de 90°	100° ou mais
Acetábulo	Direcionado para lateral	Volta-se ligeiramente para anterior e para lateral
Forame obturado	Oval	Triangular
Espinha isquiática	Aponta para medial	Aponta para posterior
Sacro	Triângulo comprido e estreito, com curvatura sacral pronunciada	Triângulo largo e curto, com curvatura sacral menos pronunciada
Cóccix	Aponta para frente	Aponta para baixo
OUTROS ELEMENTOS ESQUELÉTICOS		
Peso ósseo	Mais pesado	Mais leve
Protuberâncias ósseas	Mais proeminentes	Menos proeminentes

TABELA 7.2 Alterações no esqueleto relacionadas com a idade

Região/estrutura	Evento(s)	Idade (anos)
ESQUELETO EM GERAL		
Matriz óssea	Redução do teor de minerais	Começa aos 30 a 45 anos; os valores diferem para homens e mulheres entre 45 e 65 anos de idade; ocorrem reduções semelhantes em ambos os sexos após os 65 anos
Protuberâncias	Redução do tamanho, aspereza	Redução gradual com o aumento da idade e a diminuição da força e da massa muscular
CRÂNIO		
Fontículos	Fechamento	Termina aos 2 anos de idade
Sutura frontal	Fusão	2-8
Occipital	Fusão dos centros de ossificação	1-6
Processo estilóide	Fusão com o temporal	12-16
Hióide	Ossificação completa e fusão	25-30 ou mais
Dentes	Perda dos dentes decíduos, "dentes de leite"; aparecimento dos dentes permanentes; erupção dos molares permanentes	Detalhados no Capítulo 25 (O Sistema Digestório)
Mandíbula	Perda dos dentes; redução da massa óssea; mudança do ângulo na incisura da mandíbula	Acelera nos últimos anos (60 anos)
VÉRTEBRAS		
Curvatura	Aparecimento de curvas importantes	3 meses-10 anos (*ver Figura 6.19, pág. 160*)
Discos intervertebrais	Redução do tamanho, da porcentagem de contribuição para o peso	Acelera nos últimos anos (60 anos)
OSSOS LONGOS		
Cartilagens epifisiais	Fusão	As faixas variam de acordo com o osso específico analisado, mas, em geral, a análise permite a determinação da idade aproximada (3-7, 15-22, etc.)
CÍNGULOS DO MEMBRO INFERIOR E DO MEMBRO SUPERIOR		
Cartilagens epifisiais	Fusão	As faixas de sobreposição são ligeiramente mais estreitas do que acima, incluindo 14-16, 16-18, 22-25 anos

TERMOS CLÍNICOS

Entorse: Problema causado quando o ligamento é estirado até o ponto em que algumas fibras de colágeno se rompem. A menos que se rompa completamente, o ligamento continua funcional, e a estrutura da articulação não é afetada.

Fratura do dançarino: Fratura do quinto metatarsal, em geral próximo à sua articulação proximal.

Pé chato: Perda ou ausência do arco longitudinal.

Tálipe equinovaro congênito (pé torto): Deformidade congênita que afeta um ou ambos os pés. Surge em função de anormalidades do desenvolvimento neuromuscular.

RESUMO PARA ESTUDO

Introdução 175

1. O **esqueleto apendicular** inclui os ossos dos membros superiores e inferiores e os cíngulos dos membros superior e inferior que sustentam os membros e os conectam com o tronco. *(ver Figura 7.1)*

Cíngulo do membro superior e membro superior 176

1. Cada membro superior articula-se com o tronco através do **cíngulo do membro superior**, ou *cintura escapular,* que consiste na **clavícula** e na **escápula** (omoplata). *(ver Figuras 7.2 a 7.5)*

Cíngulo do membro superior 176

2. A clavícula e a escápula posicionam a articulação do ombro, ajudam a mover o membro superior e proporcionam a base para inserções musculares. *(ver Figuras 7.3/7.4)*
3. A **clavícula** é um osso em forma de S que se estende entre o manúbrio do esterno e o **acrômio** da escápula. Esse osso proporciona a única conexão direta entre o cíngulo do membro superior e o esqueleto axial.
4. A **escápula** articula-se com a cabeça redonda do úmero por meio da **cavidade glenoidal**, a **articulação glenoumeral** *(articulação do ombro)*. Dois processos da escápula, o **coracóide** e o **acrômio**, são locais de inserção de ligamentos e músculos associados à articulação do ombro. O acrômio articula-se com a clavícula na **articulação acromioclavicular**. O acrômio é contínuo com a **espinha da escápula**, que cruza a face posterior da escápula. *(ver Figura 7.5)*

Membro superior 179

5. O **úmero** articula-se com a cavidade glenoidal da escápula. A cápsula articular do ombro liga-se distalmente ao úmero em seu **colo anatômico**. Duas projeções proeminentes, o **tubérculo maior** e o **tubérculo menor**, são locais importantes de inserção muscular. Outras características superficiais são a **tuberosidade para o músculo deltóide**, local de inserção

do *músculo deltóide*; o **côndilo** do úmero, dividido em duas regiões articulares, a **tróclea** (medial) e o **capítulo** (lateral); o **sulco do nervo radial**, que marca o percurso do *nervo radial*; e os **epicôndilos medial** e **lateral** para inserção muscular. *(ver Figuras 7.2/7.6 a 7.8)*

6. Distalmente, o úmero articula-se com a ulna (na tróclea) e com o rádio (no capítulo). A tróclea estende-se da **fossa coronóidea** até a **fossa do olécrano**. *(ver Figura 7.6)*
7. A **ulna** e o **rádio** são os ossos paralelos do antebraço. A fossa do olécrano do úmero acomoda o **olécrano** da ulna durante a extensão da articulação do cotovelo. A fossa coronóidea acomoda o **processo coronóide** da ulna durante a flexão da articulação do cotovelo. *(ver Figuras 7.2/7.7)*
8. Os **ossos carpais do punho** formam duas fileiras, uma **proximal** e uma **distal**. De lateral para medial, a fileira proximal consiste em **escafóide**, **semilunar**, **piramidal** e **pisiforme**. De lateral para medial, a fileira distal consiste em **trapézio**, **trapezóide**, **capitato** e **hamato**. *(ver Figura 7.8)*
9. Cinco ossos metacarpais articulam-se com os ossos carpais distais. Distalmente, os ossos metacarpais articulam-se com as falanges. Quatro dos dedos contêm três **falanges**; o **polegar** tem apenas duas. *(ver Figura 7.8)*

Cíngulo do membro inferior e membro inferior 186

Cíngulo do membro inferior 186

1. O cíngulo do membro inferior consiste em dois **ossos do quadril**, também chamados de *ossos coxais* ou *inominados*; cada osso do quadril forma-se por meio da fusão de três ossos — ílio, ísquio e púbis. *(ver Figuras 7.9/7.10)*
2. O **ílio** é o maior dos ossos do quadril. No interior do **acetábulo** (a fossa na face lateral do osso do quadril que acomoda a **cabeça** do fêmur), o ílio funde-se ao **ísquio** (posteriormente) e ao **púbis** (anteriormente). A **sínfise púbica** limita o movimento entre os ossos púbicos dos ossos do quadril direito e esquerdo. *(ver Figuras 7.11/7.13)*
3. A **pelve** consiste em dois ossos do quadril, sacro e cóccix. Pode ser subdividida em **pelve maior** *(falsa)* e **pelve menor** *(verdadeira)*. A pelve menor engloba a **cavidade pélvica**. *(ver Figuras 7.11 a 7.13)*

Membro inferior 193

4. O **fêmur** é o osso mais comprido do corpo. Sua **cabeça** arredondada articula-se com a pelve no acetábulo, e em sua epífise distal, seus **côndilos medial** e **lateral** articulam-se com a tíbia na articulação do joelho. Os **trocanteres maior** e **menor** são projeções próximo à cabeça, nos quais se inserem músculos no fêmur. *(ver Figuras 7.9/7.12d/7.14)*
5. A **patela** é um grande osso sesamóide que se forma no interior do tendão do músculo *quadríceps femoral*. O ligamento da patela estende-se da patela até a **tuberosidade da tíbia**. *(ver Figuras 7.14f/7.15)*
6. A **tíbia** é o grande osso medial da perna. As proeminências na superfície da tíbia incluem a **tuberosidade da tíbia**, a **margem anterior**, a **margem interóssea** e o **maléolo medial**. O maléolo medial é um processo grande que proporciona sustentação medial para a **articulação talocrural** (tornozelo). *(ver Figura 7.16)*
7. A **fíbula** é o osso mais fino da perna, lateral à tíbia. A **cabeça** articula-se com o côndilo lateral da tíbia, inferior ao joelho. Um processo fibular, o **maléolo lateral**, estabiliza a articulação do tornozelo, evitando o movimento medial da tíbia através do tálus. *(ver Figuras 7.16/7.17)*
8. O **tarso** é composto de sete **ossos tarsais**; apenas a face superior lisa da tróclea do tálus articula-se com a tíbia. Tem faces maleolares lateral e medial que se articulam com os maléolos lateral e medial da fíbula e da tíbia, respectivamente. Na posição ortostática normal, a maior parte do peso do corpo é transferida para o calcâneo, e o restante passa para os **ossos metatarsais**.
9. O padrão organizacional básico dos **ossos metatarsais** e das **falanges** do pé é o mesmo que o dos ossos metacarpais e das falanges da mão. *(ver Figuras 7.17/7.18)*
10. A transferência de peso ocorre ao longo dos **arcos longitudinal** e **transverso** do pé. *(ver Figuras 7.17/7.18)*

Variação individual do sistema esquelético 200

1. O estudo do esqueleto humano pode revelar informações importantes, como raça, história clínica, sexo, tamanho do corpo, massa muscular e idade. *(ver Tabelas 7.1/7.2)*
2. Diversas alterações relacionadas com a idade e com eventos ocorrem no sistema esquelético. Essas mudanças começam por volta dos 3 meses de idade e continuam durante toda a vida. *(ver Tabelas 7.1/7.2)*

REVISÃO DO CAPÍTULO

Para respostas às questões da Revisão dos Conceitos e Revisão do Capítulo, veja a seção de Respostas na parte final do livro.

Nível 1 – Revisão de fatos e termos

Associe cada item numerado com a letra do item que melhor se relaciona. Utilize letras para as respostas nos espaços apropriados.

Coluna A	**Coluna B**
___ 1. ombro	a. tíbia
___ 2. quadril	b. cíngulo do membro superior
___ 3. escápula	c. rádio
___ 4. tróclea	d. falanges
___ 5. incisura ulnar	e. cíngulo do membro inferior
___ 6. um osso do quadril	f. fêmur
___ 7. trocanter maior	g. fossa infra-espinal
___ 8. maléolo medial	h. calcâneo
___ 9. osso do calcanhar	i. ílio
___10. dedos do pé	j. úmero

11. As características estruturais do cíngulo do membro superior que o adaptam para uma grande amplitude de movimento são:
    (a) ossos pesados
    (b) articulações relativamente fracas
    (c) amplitude de movimento limitada na articulação do ombro
    (d) articulações estabilizadas por meio de ligamentos e músculos à parede torácica

12. A porção larga e relativamente plana da clavícula que se articula com a escápula é:
    (a) a extremidade esternal (b) o tubérculo conóide
    (c) a extremidade acromial (d) a impressão do ligamento costoclavicular

13. Qual osso se articula com o osso do quadril no acetábulo?
    (a) sacro (b) úmero
    (c) fêmur (d) tíbia

14. A protuberância que pode ser palpada no lado lateral do tornozelo é:
    (a) o maléolo lateral (b) o côndilo lateral
    (c) a tuberosidade da tíbia (d) o epicôndilo lateral

15. As características estruturais do cíngulo do membro inferior que o adaptam para o papel de sustentação do peso do corpo são:
    (a) ossos pesados
    (b) articulações estáveis
    (c) amplitude de movimento limitada
    (d) todas as anteriores nas mesmas articulações

16. Qual dos seguintes é uma característica da pelve masculina?
    (a) forame obturado triangular
    (b) cóccix apontando para a abertura inferior da pelve
    (c) sacro largo e curto
    (d) espinha isquiática apontando para posterior

17. Qual dos seguintes não é um osso carpal?
    (a) escafóide (b) hamato
    (c) cubóide (d) piramidal

18. _____do rádio ajuda a estabilizar a articulação do punho.
    (a) O olécrano (b) O processo coronóide
    (c) O processo estilóide (d) A tuberosidade do rádio

19. O olécrano encontra-se:
    (a) no úmero (b) no rádio
    (c) na ulna (d) no fêmur

20. A pequena projeção anterior da escápula que se estende sobre a margem superior da cavidade glenoidal é:
    (a) a espinha da escápula (b) o acrômio
    (c) o processo coracóide (d) o processo supra-espinal

Nível 2 – Revisão de conceitos

1. As diferenças visíveis entre a pelve masculina e feminina são resultado de qual dos seguintes?
    (a) face mais lisa e ossos mais leves na pelve feminina
    (b) menor curvatura do sacro e do cóccix na mulher
    (c) abertura inferior da pelve mais circular
    (d) todas as anteriores

2. A identificação de um indivíduo por exame do esqueleto pode ser realizada com o uso de qual dos seguintes?
    (a) comparação de registros dentais anteriores ao óbito
    (b) densidade relativa dos ossos
    (c) resistência das inserções ligamentares nos ossos
    (d) comprimento relativo dos elementos das mãos e dos pés

3. As características que identificam especificamente um elemento esquelético como pertencente a um indivíduo do sexo masculino são:
    (a) arcos superciliares salientes nos ossos frontais
    (b) fronte mais vertical
    (c) fossa ilíaca relativamente rasa
    (d) cavidade do crânio menor

4. Ao determinar a idade de um esqueleto, que informações seriam úteis?

5. Qual é a importância de manter o grau correto de curvatura do arco longitudinal do pé?

6. Por que as fraturas da clavícula são tão comuns?

7. Por que a tíbia, mas não a fíbula, está envolvida na transferência de peso para o pé?

8. Qual é a função do olécrano da ulna?

9. Como o peso corporal é passado para os ossos metatarsais?

Nível 3 – Pensamento crítico

1. Por que uma pessoa com osteoporose tem mais probabilidade de ter fratura de quadril do que fratura de ombro?

2. Os arqueólogos acham uma pelve de um ser humano primitivo e são capazes de revelar seu sexo, a idade relativa e algumas características físicas do indivíduo. Como essas informações são possíveis tendo apenas a pelve como base?

3. Como um cientista forense poderia determinar se um esqueleto parcial encontrado na floresta é de um homem ou de uma mulher?

4. A condição na qual o arco longitudinal do pé é inferior ao normal é conhecida como “pé chato”. Qual é o problema estrutural que causa o pé chato?

8

O Sistema Esquelético

Articulações

Introdução 206

Classificação das articulações 206

Forma e função articular 208

Articulações representativas 213

Envelhecimento e articulações 229

Ossos e músculos 231

OBJETIVOS DO CAPÍTULO:

1. Distinguir entre diferentes tipos de articulações, fazer a ligação entre o desenho anatômico e as funções articulares e descrever estruturas articulares acessórias.
2. Descrever os movimentos dinâmicos do esqueleto.
3. Descrever os seis tipos de articulações sinoviais com base em seu movimento.
4. Descrever a estrutura e a função das articulações entre (1) a mandíbula e o temporal, (2) vértebras adjacentes ao longo da coluna vertebral e (3) a clavícula e o esterno.
5. Descrever a estrutura e a função das articulações do membro superior: ombro, cotovelo, punho e mão.
6. Descrever a estrutura e a função das articulações do membro inferior: quadril, joelho, tornozelo e pé.

Dependemos de nossos ossos para a sustentação, mas a sustentação sem a mobilidade faria de nós algo um pouco melhor do que estátuas. Os movimentos corporais precisam ser compatíveis com os limites do esqueleto. Por exemplo, você não pode movimentar o corpo do úmero ou do fêmur; os movimentos são restritos às articulações. As **articulações** *(junturas)* existem sempre que dois ou mais ossos se encontram, podendo estar em contato direto ou separadas por tecido fibroso, cartilagem ou líquido. Cada articulação realiza um movimento específico, e as superfícies ósseas, cartilagens, ligamentos, tendões e músculos trabalham em conjunto para manter o movimento dentro da amplitude normal. Neste capítulo, concentraremo-nos em como os nossos ossos estão articulados de modo a nos fornecer liberdade de movimento. A função e a amplitude de movimento de cada articulação dependem de sua estrutura anatômica. Algumas articulações são travadas e impedem completamente o movimento, enquanto outras permitem movimentos pequenos ou extensos. As articulações imóveis ou ligeiramente móveis são mais comuns no esqueleto axial, ao passo que as articulações com movimentos amplos são mais comuns no esqueleto apendicular.

Classificação das articulações* [Tabelas 8.1/8.2]

Três categorias funcionais de articulações baseiam-se na amplitude de movimento permitida (Tabela 8.1). Uma articulação imóvel é uma **sinartrose** (*sin,* junto + *arthros,* articulação); uma articulação ligeiramente móvel é uma **anfiartrose** (*anfi,* em ambos os lados); uma articulação com movimento amplo é uma **diartrose** (*dia,* através). As subdivisões dentro de cada categoria funcional indicam diferenças estruturais significativas. As sinartroses e anfiartroses são classificadas como fibrosas e cartilagíneas, e as diartroses são subdivididas de acordo com o grau de movimento permitido. Um esquema alternativo de classificação baseia-se somente na estrutura articular (fusão dos ossos, fibrosa, cartilagínea ou sinovial). Esse esquema de classificação é apresentado na Tabela 8.2. Usaremos aqui a classificação funcional, porque nosso foco será o grau de movimento permitido, e não a estrutura histológica da articulação.

Sinartroses (articulações imóveis)

Em uma sinartrose, as margens ósseas são muito próximas, podendo até mesmo ser travadas. Uma **sutura** (*suturar,* costurar) é uma articulação fibrosa encontrada apenas entre os ossos do crânio. As margens dos ossos são travadas e unidas na sutura por tecido conectivo fibroso. Esse tecido conectivo é denominado *ligamento sutural* ou *membrana sutural.* A membrana sutural é composta pelos remanescentes não-ossificados da membrana mesenquimal, na qual os ossos se desenvolveram. Na sinartrose, as pequenas forças difundem-se com facilidade de um osso para outro, com movimento articular mínimo, reduzindo, assim, a possibilidade de lesão. Uma **gonfose** (*gonfose,* aparafusamento) é uma forma especializada de articulação fibrosa que une cada dente ao alvéolo dental ósseo circundante. Essa conexão fibrosa é devida às fibras do **periodonto** (*peri,* ao redor + *odontos,* dente).

No osso em crescimento, o corpo (diáfise) e cada epífise são unidos por uma cartilagem epifisial, um exemplo de uma sinartrose cartilagínea. Essa rígida conexão denomina-se **sincondrose** (*sin,* junto + *chondros,* cartilagem). Às vezes, dois ossos separados fundem-se e o limite entre eles desaparece. Isso cria uma **sinostose****, uma articulação totalmente rígida e imóvel.

Anfiartroses (articulações ligeiramente móveis)

Uma anfiartrose permite movimento muito limitado, e os ossos, em geral, são mais separados do que em uma sinartrose. Os ossos podem ser conectados por fibras de colágeno ou cartilagem. Na **sindesmose** (*desmo,* faixa ou ligamento), os ossos articulados são conectados por um ligamento que limita o movimento desses ossos. São exemplos a sindesmose tibiofibular, entre a tíbia e a fíbula, e a membrana interóssea do antebraço, entre o rádio e a ulna. Em uma **sínfise**, os ossos são separados por um disco de fibrocartilagem. As articulações entre corpos vertebrais adjacentes (através do *disco intervertebral)* e a conexão anterior entre os dois ossos púbicos (a *sínfise púbica*) são exemplos desse tipo de articulação.

Diartroses (articulações com movimento livre) [Figura 8.1]

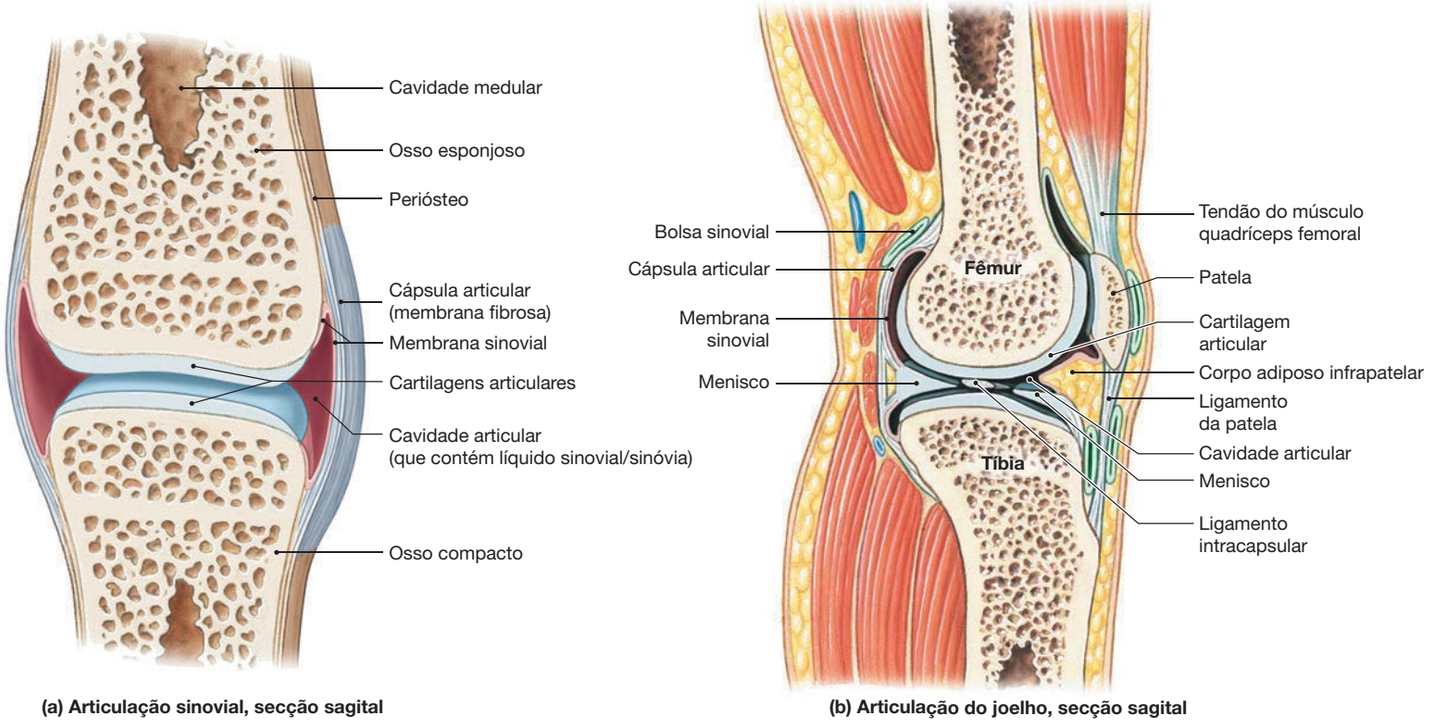
As diartroses, ou **articulações sinoviais**, são especializadas para o movimento e permitem uma grande amplitude de movimento. Em condições

TABELA 8.1 Classificação funcional das articulações

Categoria funcional	Categoria estrutural	Descrição	Exemplo
SINARTROSE (sem movimento)	**Fibrosa**		
	Sutura	Conexões fibrosas mais trava extensa	Entre os ossos do crânio
	Gonfose	Conexões fibrosas mais inserção em processo alveolar	Periodonto entre os dentes e os alvéolos dentais
	Cartilagínea		
	Sincondrose	Interposição de placa cartilagínea	Cartilagens epifisiais
	Fusão óssea		
	Sinostose**	Conversão de outra forma articular para uma massa sólida de osso	No crânio, como ao longo da sutura frontal; linhas epifisiais
ANFIARTROSE (pouco movimento)	**Fibrosa**		
	Sindesmose	Conexão ligamentar	Entre a tíbia e a fíbula
	Cartilagínea		
	Sínfise	Conexão por um disco de fibrocartilagem	Entre os ossos do quadril direito e esquerdo; entre corpos vertebrais adjacentes
DIARTROSE (movimento amplo)	**Sinovial**	Articulação complexa ligada por cápsula articular e que contém líquido sinovial	Numerosas; subdivididas por amplitude de movimento (*ver Figuras 8.3 a 8.6*)
	Uniaxial	Permite movimento em um plano	Cotovelo, tornozelo
	Biaxial	Permite movimento em dois planos	Costelas, punho
	Triaxial	Permite movimento nos três planos	Ombro, quadril

* N. de R.T. Em geral, os anatomistas classificam as articulações como fibrosas (as sinartroses), cartilagíneas (as anfiartroses) e sinoviais (as diartroses).

** N. de R.T. O termo sinostose significa a soldadura entre dois ou mais ossos no local de uma articulação.



(a) Articulação sinovial, secção sagital **(b) Articulação do joelho, secção sagital**

Figura 8.1 Estrutura da articulação sinovial.
As articulações sinoviais são diartroses que permitem uma grande amplitude de movimento. **(a)** Diagrama de uma articulação simples. **(b)** Vista de secção simplificada da articulação do joelho.

normais, as superfícies ósseas no interior de uma articulação sinovial não fazem contato entre si, porque essas superfícies são revestidas por **cartilagens articulares**. Essas cartilagens atuam como amortecedores de choque e ajudam a reduzir o atrito. Assemelham-se à cartilagem hialina em muitos aspectos. Contudo, as cartilagens articulares não têm pericôndrio e a matriz contém mais líquido do que a cartilagem hialina típica. As articulações sinoviais são encontradas nas extremidades dos ossos longos, como os dos membros superiores e inferiores.

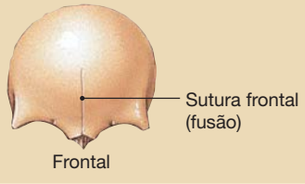
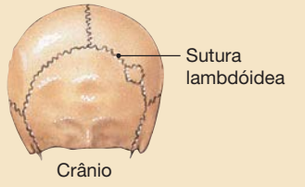
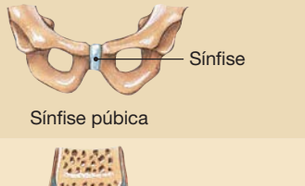
A Figura 8.1 apresenta a estrutura de uma articulação sinovial clássica. Todas as articulações sinoviais têm as mesmas características básicas: (1) uma *cápsula articular*; (2) *cartilagens articulares*; (3) uma *cavidade articular* preenchida com *sinóvia* (*líquido sinovial*); (4) uma *membrana sinovial* que reveste a cápsula articular; (5) *estruturas acessórias*; e (6) *nervos sensitivos* e *vasos sangüíneos* que suprem o exterior e o interior da articulação.

Sinóvia (líquido sinovial)

A articulação sinovial é circundada por uma **cápsula articular** composta de uma camada espessa de tecido conectivo denso (a membrana fibrosa). A *membrana sinovial* reveste a cavidade articular, mas pára nas margens das **cartilagens articulares**. pág. 74 As membranas sinoviais produzem o líquido que preenche a cavidade articular. A **sinóvia (líquido sinovial)** tem três funções:

1. *Fornecer lubrificação:* A fina camada de líquido sinovial que cobre a face interna da cápsula articular e as faces expostas das cartilagens articulares proporciona lubrificação e reduz o atrito. Isso é obtido pelo *hialuronato* e pela *lubricina* do líquido sinovial, que reduzem o atrito entre as superfícies das cartilagens articulares em uma articulação sinovial até cerca de um quinto daquele observado entre dois pedaços de gelo.
2. *Nutrir os condrócitos:* A quantidade total de líquido sinovial em uma articulação é normalmente inferior a 3 mL, mesmo em uma

TABELA 8.2 Classificação estrutural das articulações

Estrutura	Tipo	Categoria funcional	Exemplo[1]
FUSÃO ÓSSEA	Sinostose	Sinartrose	
ARTICULAÇÃO FIBROSA	Sutura Gonfose Sindesmose	Sinartrose Sinartrose Anfiartrose	
ARTICULAÇÃO CARTILAGÍNEA	Sincondrose Sínfise	Sinartrose Anfiartrose	
ARTICULAÇÃO SINOVIAL	Uniaxial Biaxial Triaxial	Todas diartroses	

[1] Veja outros exemplos na Tabela 8.1.

articulação grande como a do joelho. Esse volume relativamente pequeno de líquido deve circular para proporcionar nutrientes e uma via de descarte de detritos para os condrócitos das cartilagens articulares. A circulação do líquido é impulsionada pelo movimento articular, que também causa ciclos de compressão e expansão nas cartilagens articulares opostas. À compressão, o líquido sinovial é forçado para fora das cartilagens articulares; à reexpansão, o líquido sinovial é puxado de volta para as mesmas cartilagens. Esse fluxo de líquido sinovial para fora e para dentro das cartilagens articulares fornece nutrição para seus condrócitos.

3. *Atuar como amortecedor de impactos:* O líquido sinovial amortece os impactos nas articulações submetidas à compressão. Por exemplo, as articulações de quadril, joelho e tornozelo são comprimidas durante a marcha e fortemente comprimidas durante a marcha acelerada ou a corrida. Quando a pressão aumenta subitamente, o líquido sinovial absorve o impacto e o distribui de modo uniforme sobre as faces articulares.

Estruturas acessórias [Figura 8.1]

As articulações sinoviais podem ter uma variedade de estruturas acessórias, inclusive disco de fibrocartilagem e corpos adiposos, ligamentos, tendões e bolsas sinoviais (Figura 8.1).

Discos de fibrocartilagem e corpos adiposos [Figura 8.1b] Nas articulações complexas, como a do joelho (Figura 8.1b), estruturas acessórias podem localizar-se entre as faces articulares opostas e modificar as formas dessas faces. Isso inclui o seguinte:

- *Meniscos articulares* (*meniscus,* meia-lua) são discos articulares fibrocartilagíneos que podem subdividir uma cavidade articular, canalizar o fluxo do líquido sinovial, permitir variações de forma das faces articulares ou restringir movimentos na articulação.
- *Corpos adiposos* em geral estão situados próximo à periferia da articulação, ligeiramente cobertos pela membrana sinovial. Os coxins de corpos adiposos proporcionam proteção para as cartilagens articulares e servem como material de acondicionamento para a articulação como um todo. Eles preenchem os espaços criados quando os ossos se movem e a cavidade articular muda de forma.

Ligamentos [Figura 8.1b] A cápsula articular que circunda toda a articulação é contínua com o periósteo dos ossos que se articulam. Os ligamentos são acessórios que sustentam, fortalecem e reforçam as articulações sinoviais. Os **ligamentos intrínsecos**, ou **ligamentos capsulares**, são espessamentos da própria cápsula articular. Os **ligamentos extrínsecos** são separados da cápsula articular. Esses ligamentos podem ser localizados externa ou internamente à cápsula articular, e são denominados *ligamentos extracapsulares e intracapsulares,* respectivamente (Figura 8.1b).

Tendões [Figura 8.1b] Embora tipicamente não façam parte da articulação propriamente dita, os tendões (Figura 8.1b) em geral passam através da articulação ou em sua proximidade. O tônus muscular normal mantém os tendões tensos, e a tensão pode limitar a amplitude de movimento. Em algumas articulações, os tendões são partes integrantes da cápsula articular e proporcionam resistência expressiva à cápsula.

Bolsas sinoviais [Figura 8.1b] São pequenas bolsas preenchidas por líquido sinovial no tecido conectivo (Figura 8.1b). As bolsas sinoviais são revestidas pela membrana sinovial e podem comunicar-se ou não com a cavidade articular. As bolsas sinoviais formam-se onde o tendão ou os ligamentos atritam contra outros tecidos. Sua função é reduzir o atrito e agir como amortecedores de choque. As bolsas são encontradas em torno da maioria das articulações sinoviais, como a do ombro. As **bainhas tendíneas sinoviais** são bolsas tubulares que circundam os tendões onde eles passam através de superfícies ósseas. As bolsas também podem aparecer abaixo da pele que reveste um osso ou no interior de outros tecidos conectivos expostos a atrito ou pressão. As bolsas que se desenvolvem em localização anormal ou devido a pressões anormais são chamadas de *bolsas adventícias.*

Nota clínica

Luxação de uma articulação sinovial Quando ocorre uma **luxação (deslocamento)**, as faces articulares são forçadas para fora da posição normal. Esse deslocamento pode danificar as cartilagens articulares, romper ligamentos ou distorcer a cápsula articular. Embora não haja receptores de dor no *interior* de uma articulação, os nervos que suprem a cápsula articular, os ligamentos e os tendões apresentam fibras sensitivas, e as luxações são muito dolorosas. A lesão que acompanha a luxação parcial, ou **subluxação**, é menos grave. As pessoas com "articulações muito móveis" têm estabilização articular fraca. Embora estas articulações permitam maior amplitude de movimento do que a de outros indivíduos, elas têm maior probabilidade de sofrer subluxações ou luxações.

Força e mobilidade

Uma articulação não pode ser altamente móvel e, ao mesmo tempo, muito forte. Quanto maior for a amplitude de movimento em uma articulação, mais fraca ela será. A sinartrose, tipo de articulação mais forte, não permite nenhum movimento, ao passo que qualquer articulação sinovial (diartrose) pode sofrer lesão com o movimento além da amplitude de movimento normal. Vários fatores combinam-se para limitar a mobilidade e reduzir a possibilidade de lesão:

- a presença de acessórios ligamentares e de fibras colágenas da cápsula articular;
- a anatomia das faces articulares que impedem o movimento em direções indesejáveis;
- a presença de ossos, processos ósseos, músculos esqueléticos ou corpos adiposos em torno da articulação; e
- tensão nos tendões inseridos nos ossos em articulação. Quando um músculo esquelético se contrai e traciona o tendão, poderá realizar ou se opor ao movimento em uma determinada direção.

REVISÃO DOS CONCEITOS

1. Faça a distinção entre sinartrose e anfiartrose.
2. Qual é a principal vantagem de uma articulação sinovial?
3. Identifique duas funções da sinóvia (líquido sinovial).
4. O que são bolsas sinoviais? Qual é sua função?

Veja a seção de Respostas na parte final do livro.

Forma e função articular

Para *compreender* o movimento humano, você precisa estar ciente da relação entre estrutura e função em cada uma das articulações. Para *descrever* o movimento humano, você precisa de uma estrutura de referência que permita a comunicação exata e precisa. As articulações sinoviais podem ser classificadas de acordo com suas propriedades anatômicas e funcionais. Para demonstrar a base dessa classificação, descreveremos os movimentos que podem ocorrer em uma articulação sinovial clássica usando um modelo simplificado.

Descrição do movimento dinâmico [Figura 8.2]

Pegue um lápis ou caneta como modelo e deixe-o ereto na superfície de uma mesa, como mostra a Figura 8.2a. O lápis representa um osso e a mesa é uma face articular. Com um pouco de imaginação, e com muita torção, puxões e empurrões, demonstra-se que só existem três modos de mover o modelo. Considerando-os um de cada vez, teremos uma estrutura de referência para analisar qualquer movimento complexo.

Movimento possível 1: Movimento da ponta. Se você segurar o lápis ereto, mas não fixar a ponta, poderá empurrar o lápis pela superfície. Esse tipo de movimento é chamado de *deslizamento* (Figura 8.2b) e é um exemplo de **movimento linear**. Você pode deslizar a ponta para frente ou para trás, de um lado para outro ou na diagonal. De qualquer forma que você mova o lápis, o movimento pode ser descrito usando duas linhas de referência. Uma linha representa o movimento frente/trás (eixo ântero-posterior ou sagital) e a outra representa o movimento esquerda/direita (eixo látero-lateral ou transversal). Por exemplo, um simples movimento ao longo de um eixo pode ser descrito como "1 cm para a frente" ou "2 cm para a esquerda". O movimento em diagonal pode ser descrito usando ambos os eixos, isto é, "1 cm para trás e 2,5 cm para a direita".

Movimento possível 2: Mudança de ângulo do corpo (diáfise). Fixando a ponta do lápis na posição, você ainda pode mover a extremidade livre (da borracha do lápis) para a frente e para trás ou de um lado para o outro. Esses movimentos, que mudam o ângulo entre o corpo do osso e a face articular, são exemplos de **movimento angular** (Figura 8.2c). Qualquer movimento angular pode ser descrito com relação aos mesmos dois eixos (sagital e transversal) e à mudança angular (em graus)*. Contudo, em um caso, emprega-se um termo especial para descrever um movimento angular complexo. Segure a extremidade livre do lápis e mova-a até que a diáfise não esteja mais na vertical. Agora, com a ponta firmemente segura no lugar, mova a extremidade livre em um círculo completo (Figura 8.2d). Esse movimento é bastante difícil de descrever. Os anatomistas evitam totalmente o problema usando um termo especial, **circundução**** (*circum*, ao redor de), para esse tipo de movimento angular.

Movimento possível 3: Rotação do corpo. Se você evitar o movimento da base e mantiver o corpo na vertical, ainda assim poderá girá-la em torno de seu eixo longitudinal. Esse movimento denomina-se **rotação** (Figura 8.2e). Várias articulações permitem rotação parcial (lateral e medial), mas nenhuma pode rodar livremente, pois este movimento causaria uma torção irremediável nos vasos sangüíneos, nervos e músculos que atravessam a articulação.

A articulação que permite movimento apenas ao longo de um eixo é chamada de **uniaxial**. No modelo precedente, se uma articulação permitir movimento angular apenas no eixo transversal (flexão/extensão), ou a rotação em torno do eixo longitudinal, ela é uniaxial. Se o movimento puder ocorrer ao longo de dois eixos, a articulação é **biaxial**. Se o lápis puder realizar o movimento angular no eixo transversal (flexão/extensão) ou no eixo sagital (abdução/adução), mas não fizer qualquer combinação de ambos, a articulação é biaxial. As articulações **triaxiais** permitem a combinação de movimentos de rotação e angulares.

Tipos de movimentos

Todos os movimentos, a menos que se indique o contrário, são descritos com relação ao indivíduo na posição anatômica. Nas descrições de movimento das articulações sinoviais, os anatomistas usam termos descritivos que têm significado específico. Consideraremos esses movimentos com relação às categorias básicas de movimento contempladas na seção anterior.

Movimento linear (deslizamento) [Figura 8.2b]

No **deslizamento**, duas faces articulares opostas deslizam uma sobre a outra (Figura 8.2b). O deslizamento ocorre entre as faces dos ossos carpais articulados e os ossos tarsais e entre as clavículas e o esterno. O movimento pode ocorrer em quase todas as direções, mas o montante de movimento é pequeno, e a rotação é, em geral, evitada pela cápsula e pelos ligamentos associados.

* N. de R.T. O movimento realizado ao redor do eixo sagital é de abdução/adução, aquele realizado ao redor do eixo transversal é de flexão/extensão e a rotação é realizada ao redor do eixo longitudinal. Por outro lado, o movimento de abdução/adução é realizado no plano frontal ou coronal; o movimento de flexão/extensão é realizado no plano sagital e a rotação, no plano transversal.

** N. de R.T. A circundação é um movimento combinado que envolve flexão-abdução-extensão-adução, e descreve um cone cujo ápice é o centro da articulação.

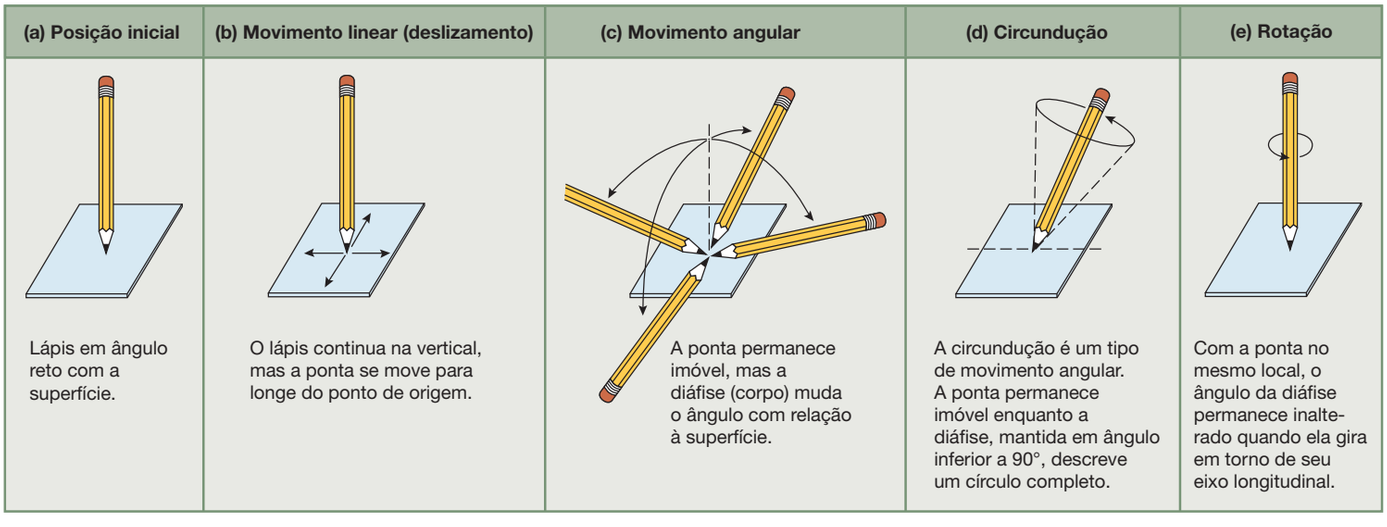
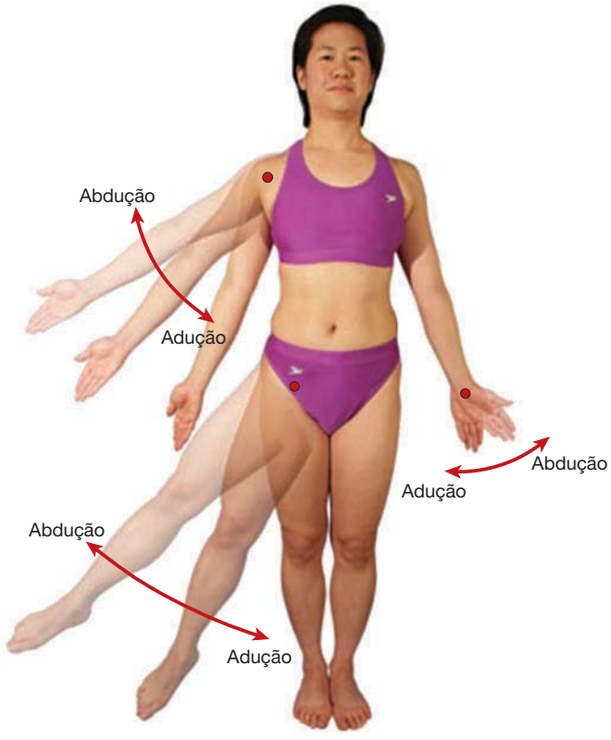
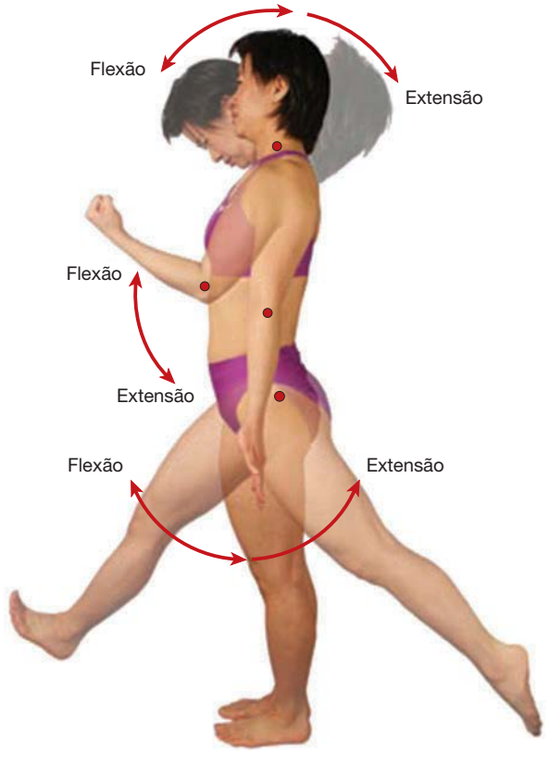


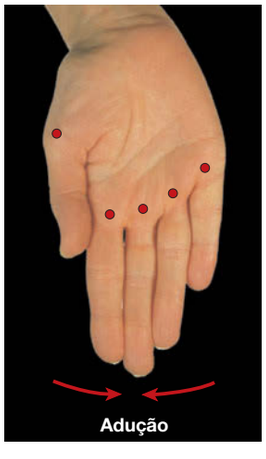
Figura 8.2 Modelo simples de movimento articular.
São descritos três tipos de movimento dinâmico: **(a)** posição inicial do modelo; **(b)** movimento possível 1, mostrando deslizamento, um exemplo de movimento linear; **(c)** movimento possível 2, mostrando movimento angular; **(d)** movimento possível 2, mostrando um tipo especial de movimento angular chamado de circundução; e **(e)** movimento possível 3, mostrando rotação.

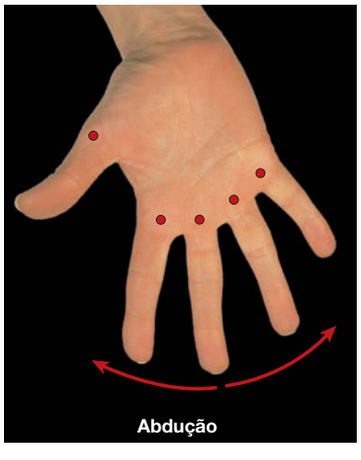




(a)

(b)





(c)

(d)

Figura 8.3 Movimentos angulares.
Exemplos de movimentos que mudam o ângulo entre o corpo (diáfise) e a face articular. Os pontos vermelhos indicam a localização das articulações envolvidas no movimento ilustrado. **(a)** Abdução/adução, **(b)** flexão/extensão, **(c)** adução/abdução e **(d)** circundução.

Movimento angular [Figura 8.3]

São exemplos de movimento angular *abdução, adução, flexão* e *extensão*. A descrição de cada movimento baseia-se no indivíduo em posição anatômica (Figura 8.3).

- A **abdução** (*ab*, a partir de) é o movimento que distancia o segmento do corpo do plano mediano. Por exemplo, afastar o membro superior para longe do tronco é abdução do membro; movê-lo de volta em direção ao tronco é denominado **adução** (*ad*, para). A abdução do punho move a base da mão para longe do corpo, enquanto a adução move-a na direção do corpo. A abertura dos dedos da mão ou do pé deixa-os em abdução, porque eles se movem para longe do dedo médio. Aproximá-los constitui adução. Abdução e adução sempre se referem a movimentos do esqueleto apendicular (Figura 8.3a,c).
- A **flexão** pode ser definida como o movimento no plano ântero-posterior, que *reduz o ângulo entre os elementos articulados*. A **extensão** ocorre no mesmo plano, mas *aumenta o ângulo entre os elementos articulados* (Figura 8.3b). Quando você leva a cabeça na direção de seu peito, você flexiona as articulações intervertebrais do pescoço. Quando você se inclina para tocar os dedos do pé, flexiona as articulações intervertebrais de toda a coluna vertebral. A extensão é um movimento no mesmo plano da flexão, porém na direção oposta. A extensão pode fazer o membro voltar ou ir além da posição anatômica. Hiperextensão é um termo aplicado a qualquer movimento em que o membro seja estendido além de seus limites normais, resultando em lesão articular. A **hiperextensão** é, em geral, evitada por ligamentos, processos ósseos ou tecidos moles circundantes.

  A flexão do ombro ou do quadril faz os membros oscilarem para a frente, ao passo que a extensão move-os para trás. A flexão do punho move a mão para a frente, e a extensão move-a para trás.
- Um tipo especial de movimento angular, a *circundução* (Figura 8.3d), também foi introduzido em nosso modelo. Um exemplo familiar de circundução é mover o braço em círculo, como se desenhássemos um grande círculo em uma lousa.

Rotação [Figura 8.4]

A **rotação** da cabeça pode ser **para a esquerda** ou **para a direita**, como quando se sinaliza um "não" com a cabeça. Na análise dos movimentos dos membros, se a região anterior do membro girar *medialmente*, na direção da face ventral do corpo, você tem uma **rotação medial**. Se ele se voltar *para lateral*, você tem uma **rotação lateral**. Esses movimentos de rotação estão ilustrados na Figura 8.4.

As articulações radiulnares proximal e distal permitem a rotação da epífise distal do rádio a partir da posição anatômica através da face anterior da ulna. Esse movimento, denominado **pronação**, faz com que o punho e a palma da mão – da posição voltada para frente – virem-se para trás; o movimento oposto, que posiciona a palma da mão para a frente, é a **supinação**.

Figura 8.4 Movimentos de rotação.
Exemplos de movimento nos quais o corpo do osso faz rotação.

Movimentos especiais [Figura 8.5]

Existem vários termos especiais para articulações específicas ou para tipos incomuns de movimento (Figura 8.5).

- **Eversão** (*e*, para fora + *vertere*, voltar-se) é um movimento de torção do pé, que vira a planta para lateral (Figura 8.5a). O movimento oposto, que vira a planta para medial, chama-se de **inversão** (*in*, para dentro).
- **Flexão dorsal** e **flexão plantar** (*planta*, sola) também se referem a movimentos do pé (Figura 8.5b). A flexão dorsal, ou *extensão do tornozelo*, eleva a parte distal do pé e os dedos do pé, como quando caminhamos sobre os calcanhares. A flexão plantar, ou *flexão do tornozelo*, eleva o tornozelo e a parte proximal do pé, como quando ficamos na ponta dos pés.
- A **flexão lateral** ocorre quando a coluna vertebral inclina-se para o lado. Esse movimento é mais pronunciado nas regiões cervical e torácica (Figura 8.5c). A flexão lateral para a esquerda é contrabalançada pela flexão lateral para a direita.
- **Protração** significa mover uma parte do corpo para a frente no plano horizontal. **Retração** é o movimento inverso (Figura 8.5d). Você protrai sua mandíbula quando prende o lábio superior com os dentes inferiores e protrai as clavículas quando cruza os braços.

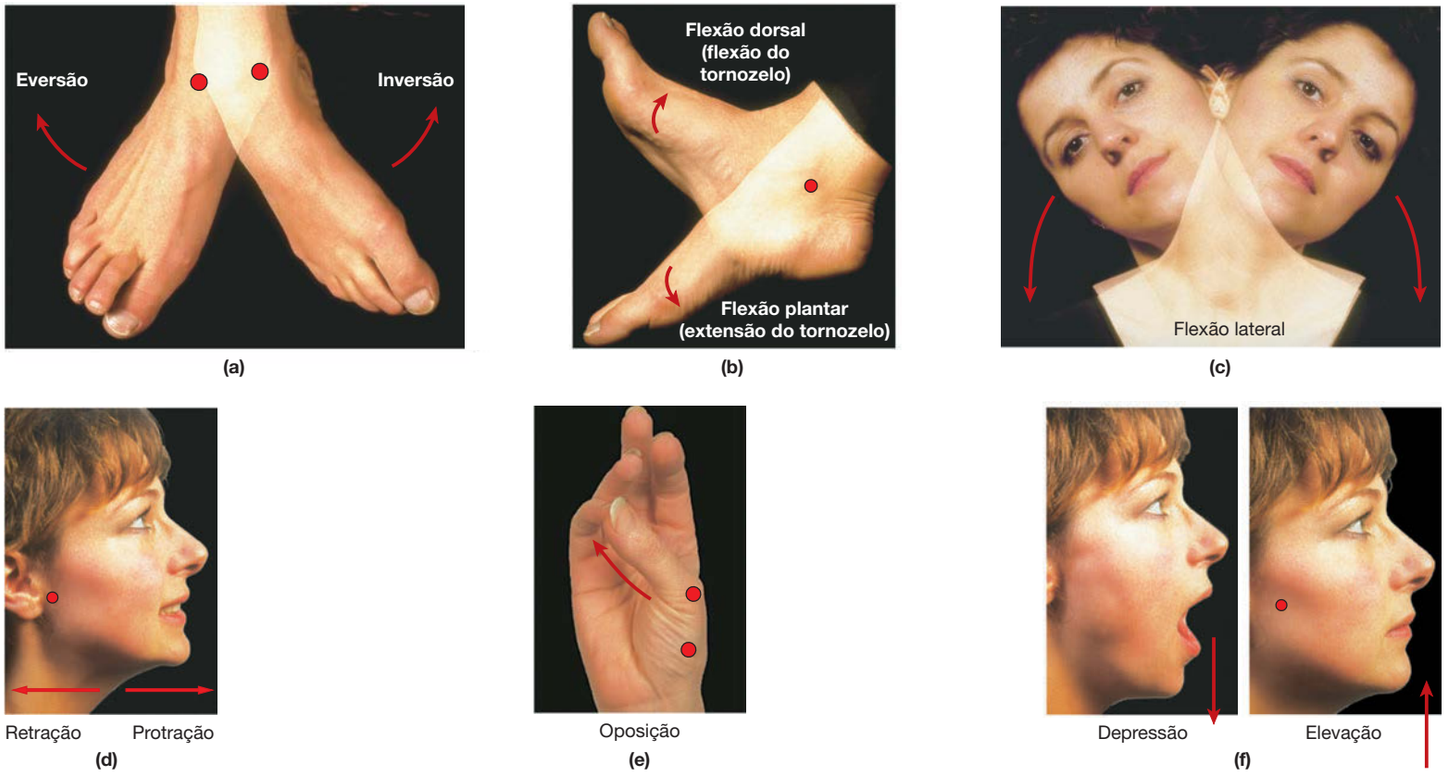


Figura 8.5 Movimentos especiais.
Exemplos dos termos especiais usados para descrever o movimento em articulações específicas ou direções singulares de movimento: **(a)** eversão/inversão, **(b)** flexão dorsal/flexão plantar, **(c)** flexão lateral, **(d)** retração/protração, **(e)** oposição, **(f)** depressão/elevação.

- **Oposição** é o movimento especial do polegar que produz o contato de polpa a polpa do polegar com a palma da mão ou qualquer outro dedo. A flexão do quinto osso metacarpal pode auxiliar esse movimento. O contrário da oposição chama-se *reposição* (Figura 8.5e).
- **Elevação** e **depressão** ocorrem quando uma estrutura se move para cima ou para baixo. Há depressão da mandíbula quando você abre a boca e elevação ao fechá-la (Figura 8.5f). Outra elevação familiar acontece quando você encolhe os ombros.

Classificação estrutural das articulações sinoviais [Figura 8.6]

As articulações sinoviais têm movimento amplo. Uma vez que permitem grande amplitude de movimento, são classificadas de acordo com o tipo e com a amplitude de movimento permitida. A anatomia da articulação define seu movimento.

- **Articulações planas:** As **articulações planas**, também chamadas de *planares* ou *deslizantes*, têm faces articulares planas ou ligeiramente curvas (Figura 8.6a). As faces articulares relativamente planas deslizam uma sobre a outra, mas a amplitude de movimento é bem pequena. Os ligamentos em geral impedem ou restringem a rotação. As articulações planas são encontradas nas extremidades das clavículas, entre os ossos carpais, entre os ossos tarsais e entre as faces articulares de vértebras adjacentes. Elas podem ser *não-axiais*, o que significa que permitem apenas pequenos movimentos deslizantes, ou *multiaxiais*, significando que permitem deslizamento em qualquer direção.
- **Gínglimos:** Os **gínglimos (articulações em dobradiça)** permitem movimento angular de flexão e extensão no plano sagital, como a abertura e o fechamento de uma porta (Figura 8.6b). A articulação em dobradiça é um exemplo de articulação uniaxial (eixo transversal). São exemplos dessas articulações o cotovelo e o joelho.
- **Articulações trocóideas:** As **articulações trocóideas (em pivô)** também são uniaxiais, mas permitem apenas rotação (Figura 8.6c). A articulação trocóidea entre o atlas e o áxis (articulação atlantoaxial mediana) permite que você gire a cabeça para ambos os lados.
- **Articulações elipsóideas:** Em uma **articulação elipsóidea**, ou *condilar*, uma face articular oval (convexa) aninha-se no interior de uma depressão (côncava) na face articular oposta (Figura 8.6d). Com esse tipo de organização, o movimento angular ocorre em dois planos (sagital e frontal), ao longo ou através da face oval. Assim, é um exemplo de articulação biaxial. As articulações elipsóideas conectam as falanges proximais dos dedos da mão e do pé com os ossos metacarpais e os ossos metatarsais, respectivamente.
- **Articulações selares:** As **articulações selares** (Figura 8.6e) têm faces articulares complexas. Assemelham-se a uma sela porque são côncavas em um eixo e convexas no outro. As articulações selares são extremamente móveis, permitindo movimento angular extenso sem rotação. Em geral, são classificadas como articulações biaxiais. Mover a articulação selar na base de seu polegar (articulação carpometacarpal do polegar) é uma demonstração excelente que permite virar as páginas com o polegar durante a leitura.
- **Articulações esferóideas:** Em uma **articulação esferóidea** (Figura 8.6f), a cabeça redonda de um osso repousa no interior de uma depressão em forma de cúpula do outro. Todas as combinações de movimentos, inclusive a rotação, podem ser realizadas em uma articulação esferóidea. Elas são articulações triaxiais, e são exemplos as articulações do ombro e do quadril.

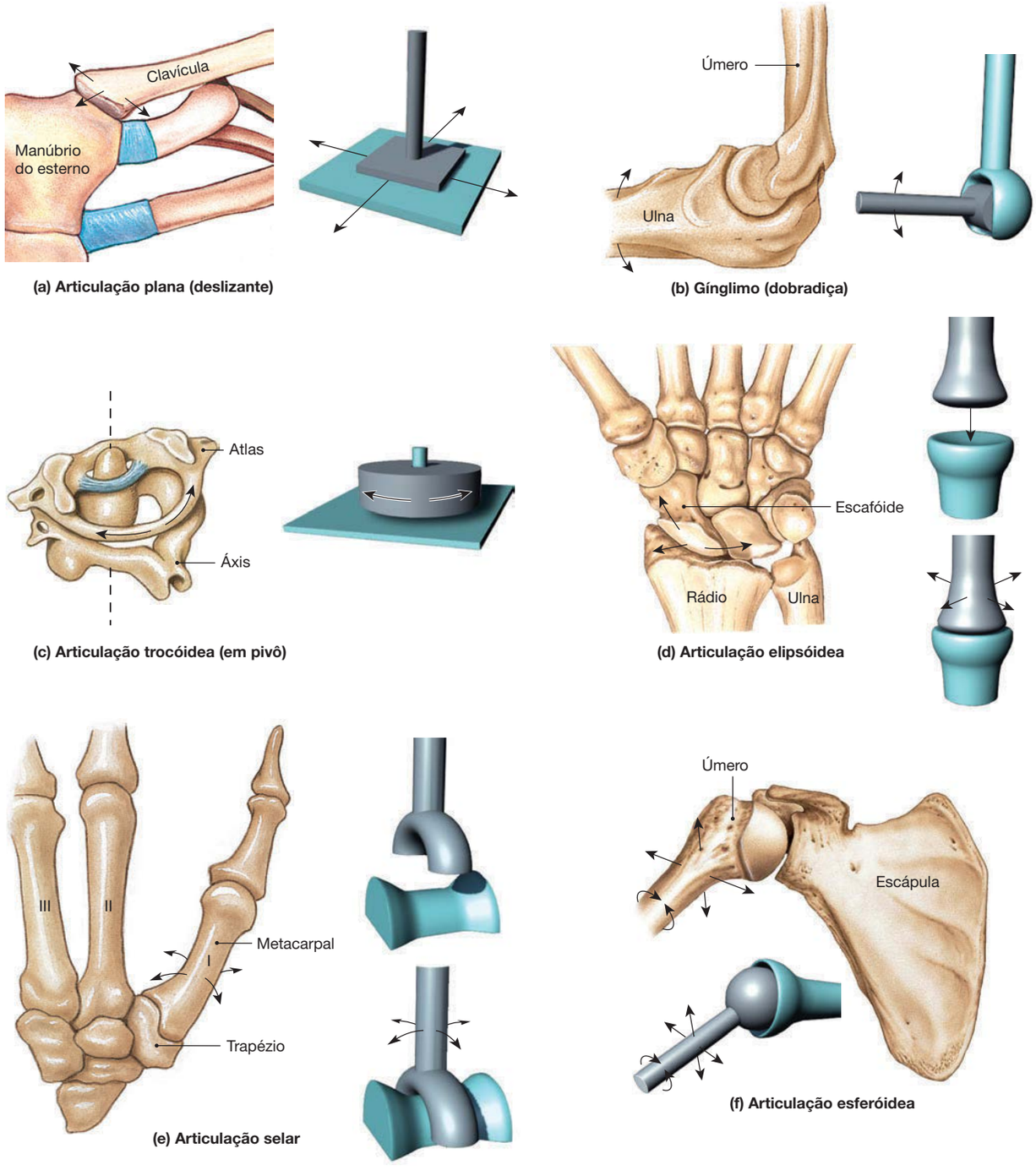


Figura 8.6 **Classificação estrutural das articulações sinoviais.**
Este esquema de classificação baseia-se na amplitude de movimento permitida.

REVISÃO DOS CONCEITOS

1. Em um recém-nascido, os grandes ossos do crânio são unidos por tecido conectivo fibroso. Que tipo de articulação é essa? Esses ossos, posteriormente, crescem, unem-se entre si e formam articulações imóveis. Que tipo de articulações são essas?
2. Dê o termo apropriado para cada um dos seguintes tipos de movimento: (a) mover o úmero para longe da linha mediana do corpo; (b) girar as palmas das mãos de modo que elas se voltem para a frente; (c) dobrar o cotovelo.

Veja a seção de Respostas na parte final do livro.

Articulações representativas

Esta seção considera exemplos de articulações que demonstram importantes princípios funcionais. Primeiramente, consideraremos várias articulações do esqueleto axial: (1) a *articulação temporomandibular* (ATM), entre a mandíbula e o osso temporal, (2) as *articulações intervertebrais* entre vértebras adjacentes e (3) a *articulação esternoclavicular* entre a clavícula e o manúbrio do esterno. A seguir, examinaremos as articulações sinoviais do esqueleto apendicular. O ombro tem grande mobilidade, o cotovelo tem grande resistência e o punho faz ajustes finos da orientação da palma e dos dedos. Os requisitos funcionais das

articulações no membro inferior são muito diferentes em relação aos do membro superior. As articulações do quadril, joelho e tornozelo precisam transferir o peso do corpo para o solo e, durante os movimentos como corrida, saltos ou rotações, as forças aplicadas são consideravelmente maiores do que o peso do corpo. Embora esta seção considere articulações representativas, as Tabelas 8.3, 8.4 e 8.5 resumem informações referentes à maioria das articulações do corpo.

Articulação temporomandibular (ATM) [Figura 8.7]

A **articulação temporomandibular** (Figura 8.7) é uma articulação multiaxial pequena, porém complexa, entre a fossa mandibular do temporal e o processo condilar da mandíbula. pág. 145,151-152 Os ossos articulados são separados por um disco articular espesso de fibrocartilagem. Essa cartilagem, que se estende horizontalmente, divide a cavidade articular em duas câmaras distintas. Como resultado, a articulação temporomandibular trata-se, na verdade, de duas articulações sinoviais, uma entre a fossa mandibular do temporal e o disco articular, e a segunda entre o disco articular e o processo condilar da mandíbula.

A cápsula articular que circunda essa articulação complexa não é bem definida. A porção da cápsula superior ao colo da mandíbula é relativamente frouxa, ao passo que a porção da cápsula inferior ao disco articular é bastante firme. A estrutura da cápsula permite extensa amplitude de movimento. No entanto, como a articulação tem pouca estabilidade, um movimento lateral ou anterior forçado da mandíbula pode resultar em luxação parcial ou completa.

A porção lateral da cápsula articular, que é relativamente espessa, é chamada de **ligamento lateral** *(temporomandibular)*. Há, ainda, dois ligamentos extracapsulares:

- o **ligamento estilomandibular**, que se estende do processo estilóide até a margem posterior do ângulo da mandíbula;
- o **ligamento esfenomandibular**, que se estende da espinha do esfenóide até a língula da mandíbula na face medial do ramo da mandíbula. Sua inserção cobre a parte posterior da linha milo-hióidea.

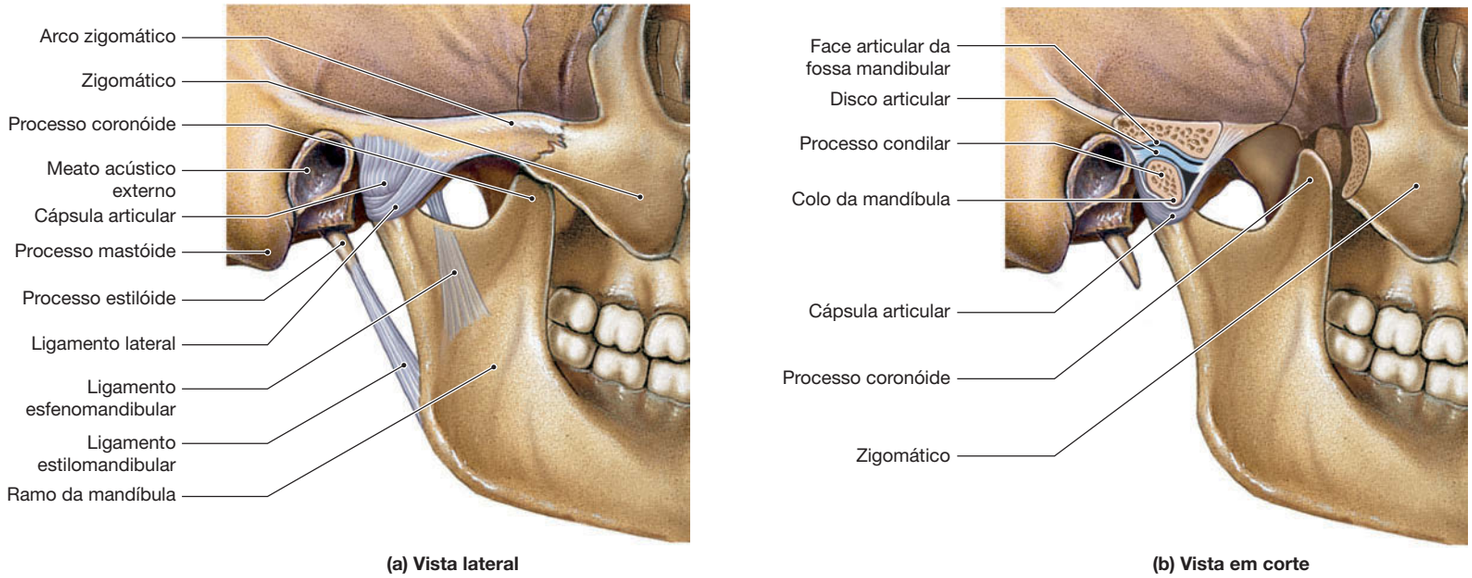
A articulação temporomandibular é principalmente um gínglimo, mas a cápsula articular frouxa e as faces articulares relativamente planas também permitem pequenos movimentos de deslizamento e rotação. Esses movimentos secundários são importantes para o posicionamento do alimento nas faces de trituração dos dentes.

Articulações da coluna vertebral [Figura 8.8]

As articulações entre os processos articulares superior e inferior das vértebras (articulações dos processos articulares) adjacentes são articulações planas que permitem pequenos movimentos associados com flexão e extensão, flexão lateral e rotação da coluna vertebral. Ocorre um pequeno deslizamento entre os corpos vertebrais adjacentes. A Figura 8.8 ilustra a estrutura das articulações intervertebrais. Do áxis ao sacro, os corpos vertebrais são separados e acolchoados com coxins de cartilagem fibrosa chamados de **discos intervertebrais** (sínfise intervertebral). Os discos intervertebrais não são encontrados no sacro e no cóccix, onde as vértebras se fundiram, nem são encontrados entre a primeira e a segunda vértebras cervicais. A articulação entre C I e C II foi descrita no Capítulo 6. pág. 164

Discos intervertebrais (sínfise intervertebral) [Figuras 8.8/8.9a]

Os discos intervertebrais têm duas funções: (1) separar cada uma das vértebras e (2) transmitir a carga de uma vértebra para outra. Cada disco intervertebral (Figuras 8.8 e 8.9a) é composto de duas partes. A primeira é uma camada externa rígida de fibrocartilagem, o **anel fibroso**. O anel fibroso circunda a segunda parte do disco intervertebral, o **núcleo pulposo**. O núcleo pulposo é um núcleo mole, elástico e gelatinoso, composto principalmente de água (cerca de 75%), com fibras reticulares e elásticas difusas. O núcleo pulposo dá resiliência ao disco e possibilita que ele aja como amortecedor de impactos. As faces superior e inferior do disco intervertebral são quase totalmente cobertas por finas *placas terminais das vértebras*. Essas placas terminais são compostas de cartilagem hialina e fibrosa. São conectadas ao anel fibroso do disco intervertebral e fracamente fixas aos corpos vertebrais adjacentes. As inserções nos corpos vertebrais são suficientes para ajudar a estabilizar a posição do disco intervertebral,



(a) Vista lateral **(b) Vista em corte**

Figura 8.7 Articulação temporomandibular (ATM).
Esta articulação gínglimo forma-se entre o processo condilar da mandíbula e a fossa mandibular do temporal. **(a)** Vista lateral da articulação temporomandibular direita. **(b)** Vista em corte da mesma articulação.

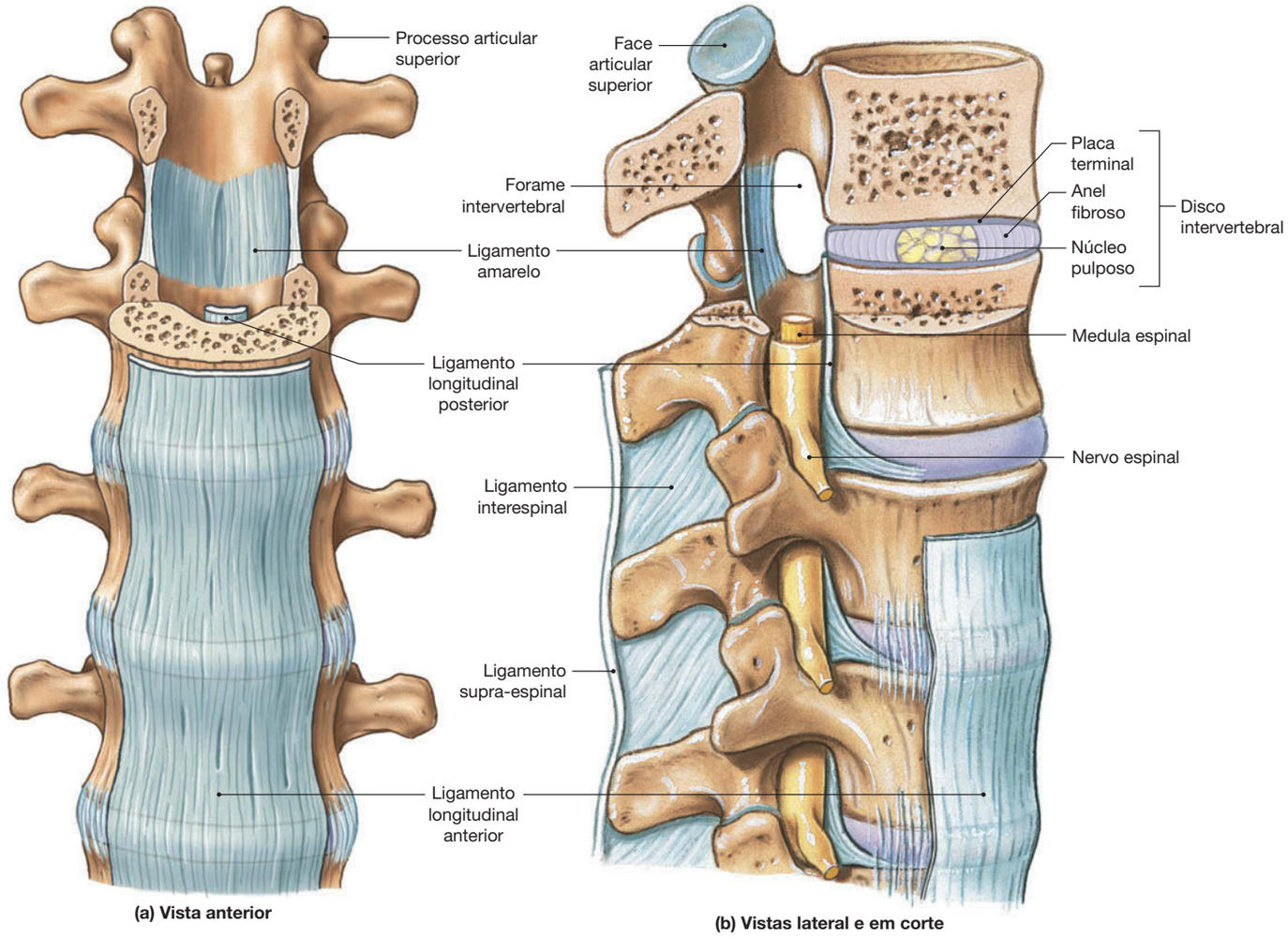


Figura 8.8 Articulações da coluna vertebral.
As vértebras adjacentes articulam-se nos processos articulares superior e inferior (articulações dos processos articulares); seus corpos são separados por discos intervertebrais (sínfise intervertebral). **(a)** Vista anterior. **(b)** Vistas lateral e em corte.

e há reforço adicional dos ligamentos da coluna vertebral considerados na próxima seção.

Os movimentos da coluna vertebral comprimem o núcleo pulposo e o deslocam na direção oposta. Esse deslocamento permite leves movimentos de deslizamento de cada vértebra, enquanto ainda mantém o alinhamento de todas as vértebras. Os discos intervertebrais contribuem significativamente para a estatura dos indivíduos; são responsáveis por praticamente um quarto do comprimento da coluna vertebral acima do sacro. Conforme envelhecemos, o conteúdo de água do núcleo pulposo no interior de cada disco intervertebral diminui. Os discos tornam-se gradualmente menos eficientes como amortecedores, e a possibilidade de lesão vertebral é maior. A perda de água dos discos intervertebrais também causa encurtamento da coluna vertebral; esse encurtamento é responsável pela redução da estatura característica do avanço da idade.

Ligamentos da coluna vertebral [Figura 8.8]

Numerosos ligamentos estão inseridos aos corpos e processos vertebrais para uni-los e estabilizar a coluna vertebral (Figura 8.8). Os ligamentos que conectam as vértebras adjacentes incluem o *ligamento longitudinal anterior*, o *ligamento longitudinal posterior*, o *ligamento amarelo*, o *ligamento interespinal* e o *ligamento supra-espinal.*

- O *ligamento longitudinal anterior* conecta as faces anteriores de cada corpo vertebral.
- O *ligamento longitudinal posterior* é paralelo ao ligamento longitudinal anterior, mas passa através das faces posteriores de cada corpo vertebral.
- O *ligamento amarelo* conecta as lâminas dos arcos vertebrais de vértebras adjacentes.
- O *ligamento interespinal* conecta os processos espinhosos das vértebras adjacentes.
- O *ligamento supra-espinal* conecta as pontas dos processos espinhosos de C VII ao sacro. O *ligamento nucal*, discutido no Capítulo 6, é um ligamento supra-espinal que se estende de C VII até a base do crânio. pág. 164

Movimentos da coluna vertebral [Tabela 8.3]

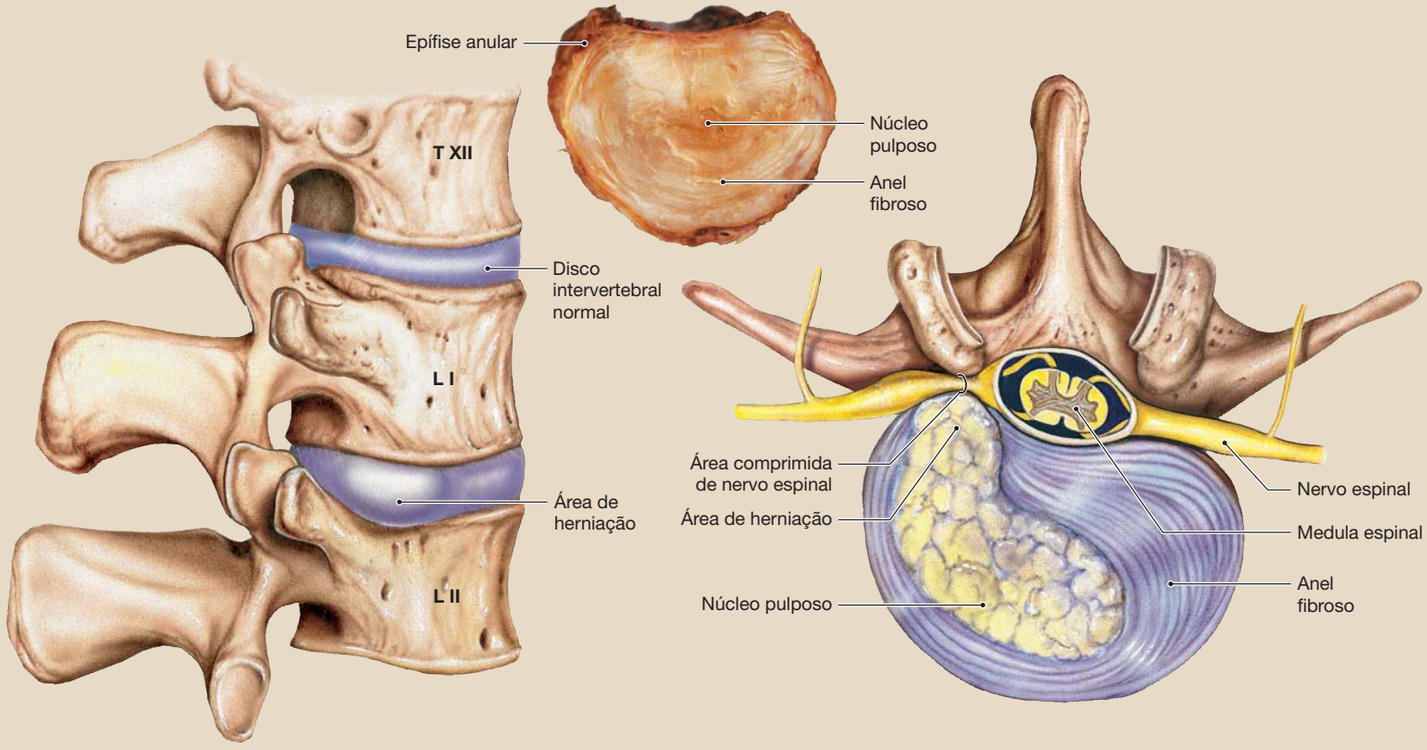
Os seguintes movimentos da coluna vertebral são possíveis: (1) **flexão anterior**, inclinação para a frente; (2) **extensão**, inclinação para trás; (3) **flexão lateral**, inclinação para o lado; e (4) **rotação**, ou torção.

Nota clínica

Problemas nos discos intervertebrais Um disco intervertebral comprimido além dos limites normais pode tornar-se temporária ou permanentemente danificado. Se o ligamento longitudinal posterior estiver enfraquecido, como costuma ocorrer com a idade, o núcleo pulposo comprimido pode distorcer o anel fibroso, forçando-o parcialmente para o canal vertebral. Essa condição é chamada de "**deslizamento de disco**" (Figura 8.9a), embora o deslizamento do disco intervertebral não ocorra na realidade. Os locais mais comuns de deslizamento de disco encontram-se em C V-C VI, L IV-L V e L V-S I.

Sob forte compressão, o núcleo pulposo pode extravasar através do anel fibroso e entrar no canal vertebral. Essa condição é chamada de **hérnia de disco** (Figura 8.9b). Quando ocorre uma hérnia de disco, raízes sensitivas são comprimidas, produzindo dor; a massa que protrui pode também comprimir os nervos espinais que passam através do forame intervertebral. A dor **ciática** é o resultado da compressão das raízes sensitivas do nervo espinal. A dor inicial aguda na região lombar é, às vezes, denominada **lumbago**.

A maior parte dos problemas que afetam os discos intervertebrais lombares pode ser tratada de modo bem-sucedido com a combinação de repouso, órteses para o dorso, analgésicos e fisioterapia. A cirurgia para aliviar os sintomas é necessária somente em cerca de 10% dos casos que envolvem hérnia de disco lombar. Nesse procedimento, o disco intervertebral é removido e os corpos vertebrais são fundidos para evitar o movimento. Para acessar o disco intervetebral comprometido, o cirurgião pode remover o arco vertebral mais próximo, seccionando as lâminas. Por esse motivo, o procedimento é conhecido como **laminectomia**.



(a) Vista lateral do disco intervertebral herniado **(b) Hérnia de disco, vista superior**

Figura 8.9 Lesão nos discos intervertebrais.
(a) Vista lateral da região lombar da coluna vertebral, mostrando discos intervertebrais normais e herniados ("deslizados"). A face superior de um disco intervertebral normal isolado é apresentada para comparação com **(b)**, vista de corte de hérnia de disco, mostrando o deslocamento do núcleo pulposo e seu efeito sobre a medula espinal e os nervos espinais adjacentes.

A Tabela 8.3 resume as informações relativas às articulações e aos movimentos do esqueleto axial.

Articulação esternoclavicular [Figura 8.10]

A **articulação esternoclavicular** é uma articulação sinovial entre a extremidade esternal da clavícula e o manúbrio do esterno. Essa articulação serve para ancorar a escápula ao esqueleto axial, e é considerada um componente funcional da articulação do ombro.

Semelhante à articulação temporomandibular (pág. 214), o disco articular divide a cavidade articular da articulação esternoclavicular em duas cavidades distintas (Figura 8.10). A cápsula articular é tensa e densa, proporcionando estabilidade, porém limitando o movimento. A cápsula é reforçada por dois ligamentos acessórios, o **ligamento esternoclavicular anterior** e o **ligamento esternoclavicular posterior**. Também existem dois ligamentos extracapsulares:

- O **ligamento interclavicular** conecta as clavículas e reforça as partes superiores das cápsulas articulares adjacentes. Esse ligamento, que está fixo à margem superior do manúbrio do esterno, impede a luxação quando o ombro é deprimido.
- O largo **ligamento costoclavicular** estende-se da impressão do ligamento costoclavicular da clavícula, próximo à margem inferior da cápsula articular, até a face superior e margem medial da primeira costela e da primeira cartilagem costal. Esse ligamento impede a luxação quando o ombro está elevado.

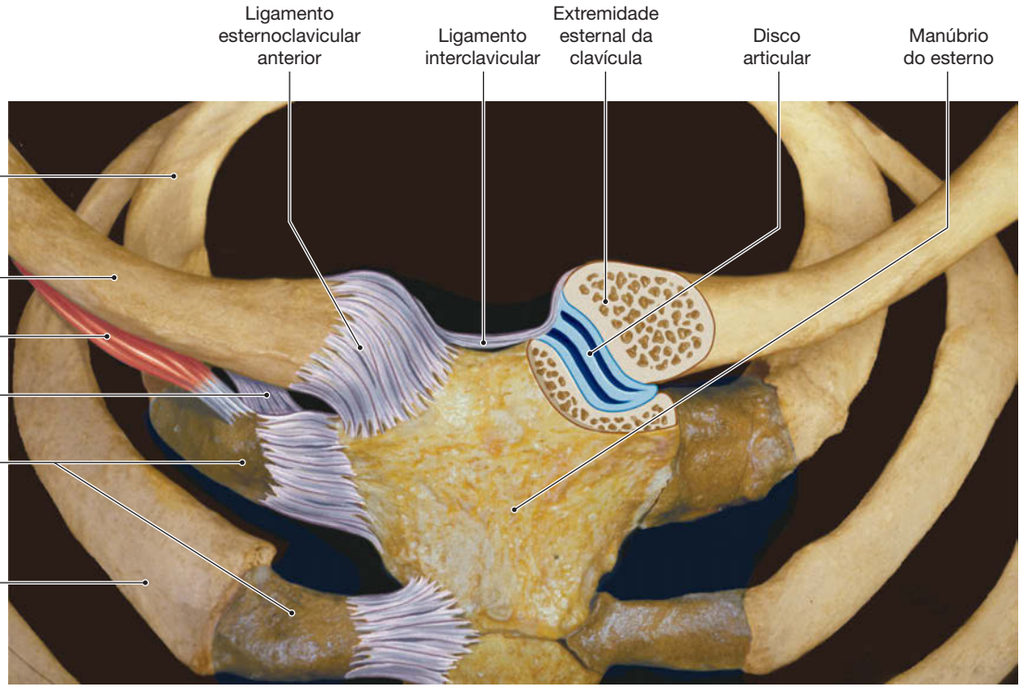


Figura 8.10 Articulação esternoclavicular.
Vista anterior do tórax mostrando os ossos e ligamentos da articulação esternoclavicular. Essa articulação é classificada como uma articulação sinovial plana estável e bastante reforçada.

A articulação esternoclavicular é basicamente uma articulação plana, mas as fibras capsulares permitem uma ligeira rotação e circundução da clavícula.

Articulação do ombro [Figura 8.11]

A **articulação do ombro**, ou **articulação glenoumeral**, é uma articulação frouxa e rasa que permite a maior amplitude de movimento dentre todas as articulações do corpo. A morfologia das estruturas envolvidas na articulação, e a grande amplitude de movimento que as acompanha, possibilita que posicionemos a mão para numerosas funções. Como a articulação do ombro é a que luxa com maior freqüência, ela é uma excelente demonstração do princípio de que a força e a estabilidade precisam ser sacrificadas para se obter mobilidade.

A articulação do ombro é do tipo esferóidea, formada pela articulação da cabeça do úmero com a cavidade glenoidal da escápula (Figura 8.11). A margem da cavidade glenoidal é coberta pelo **lábio glenoidal** (*labrum*, lábio ou borda) (Figura 8.11c,d), que aprofunda sua face articular. O lábio glenoidal é um anel de tecido conectivo denso e irregular que se fixa à margem da cavidade glenoidal através de fibrocartilagem. Além de ampliar a face articular, o lábio glenoidal serve como local de inserção dos ligamentos glenoumerais e da cabeça longa do músculo bíceps braquial, um flexor do ombro e do cotovelo.

A cápsula articular estende-se do colo da escápula até o colo anatômico do úmero. Trata-se de uma cápsula com tamanho relativamente grande que é mais fraca em sua parte inferior. Quando o membro superior está em posição anatômica, a cápsula é firme superiormente e frouxa inferior e anteriormente. A constituição da cápsula articular contribui para a extensa amplitude de movimento da articulação do ombro. Os ossos do cíngulo do membro superior proporcionam certa estabilidade à sua parte superior, porque o acrômio e o processo coracóide projetam-se lateralmente acima da cabeça do úmero. Contudo, a maior parte da estabilidade nessa articulação é fornecida por (1) ligamentos e (2) músculos esqueléticos circundantes e seus tendões associados.

Ligamentos [Figura 8.11]

Os principais ligamentos envolvidos na estabilização da articulação glenoumeral são apresentados na Figura 8.11a-c e descritos a seguir.

- A cápsula articular que circunda a articulação do ombro é relativamente fina, mas engrossa anteriormente nas regiões conhecidas como **ligamentos glenoumerais**. Como as fibras capsulares em geral são frouxas, esses ligamentos participam na estabilização articular apenas quando o úmero se aproxima ou excede os limites do movimento normal.
- O grande **ligamento coracoumeral** origina-se na base do processo coracóide e insere-se na cápsula articular sobre a cabeça do úmero. Esse ligamento reforça a parte superior da cápsula articular e ajuda a sustentar o peso do membro superior.
- O **ligamento coracoacromial** estende-se pelo hiato entre o processo coracóide e o acrômio, imediatamente acima da cápsula articular. Esse ligamento proporciona apoio adicional à parte superior da cápsula.
- O forte **ligamento acromioclavicular** liga o acrômio à clavícula, restringindo, assim, o movimento clavicular na extremidade acromial. A *separação do ombro* é uma lesão relativamente comum que envolve luxação parcial ou completa da articulação acromioclavicular. Essa lesão pode resultar de um choque na face superior do ombro. O acrômio é deprimido à força, mas a clavícula é mantida para trás por músculos fortes.
- O **ligamento coracoclavicular** (lig. trapezóide + lig. conóide) liga a clavícula ao processo coracóide e ajuda a limitar o movimento entre a clavícula e a escápula.
- O **ligamento transverso do úmero** estende-se entre os tubérculos maior e menor e mantém o tendão da cabeça longa do músculo bíceps braquial no sulco intertubercular do úmero.

Músculos esqueléticos e tendões

Os músculos que movem o úmero são mais ativos na estabilização da articulação glenoumeral do que todos os ligamentos e fibras capsulares combinados. Os músculos originados no tronco, no cíngulo do membro superior e no úmero cobrem a cápsula articular, anterior, posterior e superiormente. Os tendões que passam através da articulação reforçam as porções anterior, superior e posterior da cápsula articular. Os tendões de

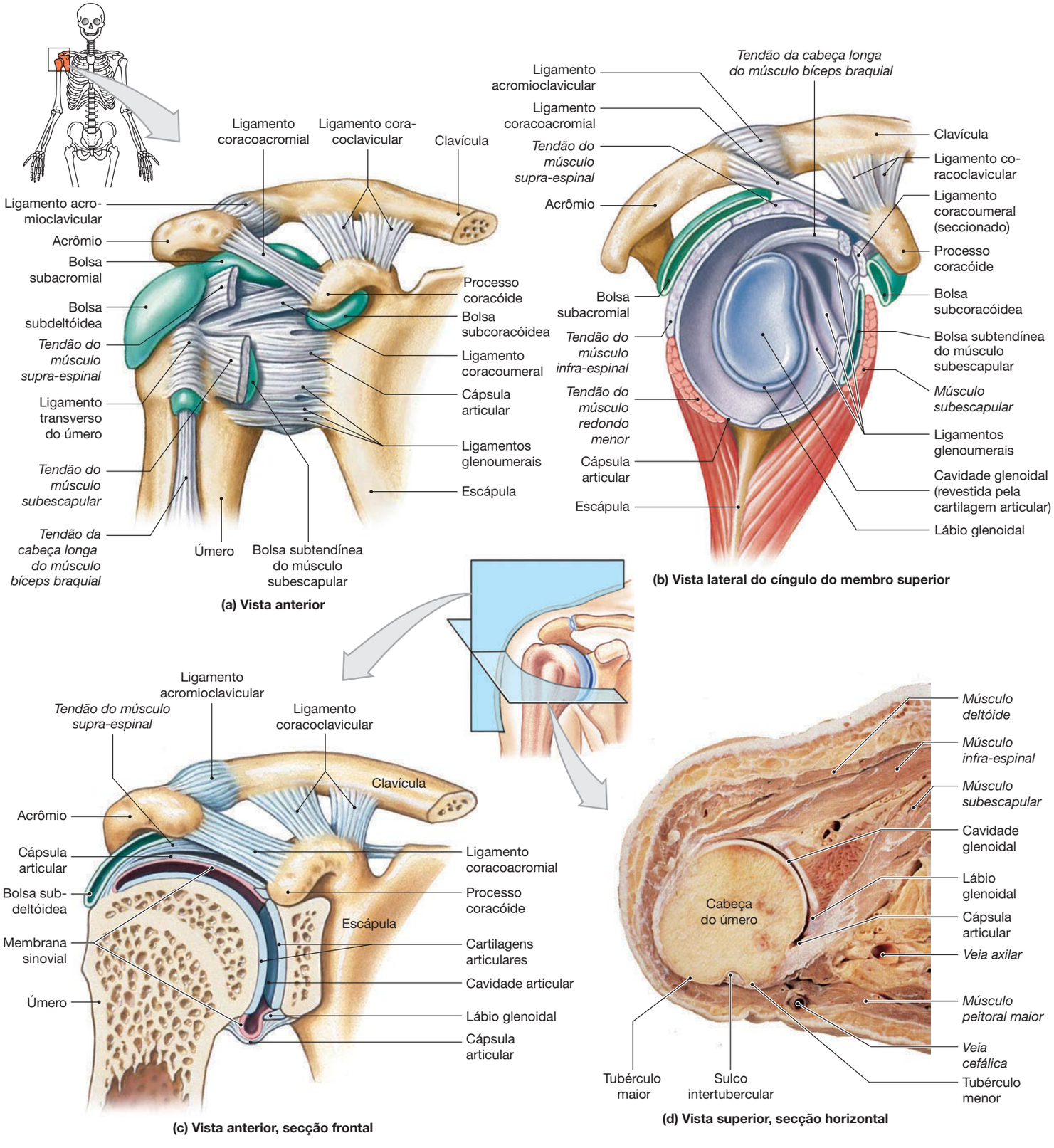


Figura 8.11 **Articulação glenoumeral.**
Articulação sinovial esferóidea formada entre o úmero e a escápula. **(a)** Vista anterior da articulação do ombro direito. **(b)** Vista lateral, articulação do ombro direito (úmero seccionado). **(c)** Secção frontal da articulação do ombro direito, vista anterior. **(d)** Secção horizontal da articulação do ombro direito, vista superior.

Nota clínica

Lesões do ombro Quando ocorre uma falta esportiva por colisão, como em uma obstrução (futebol) ou *checking* (hóquei), o ombro em geral está na zona de impacto. A clavícula é o único apoio fixo para a zona de impacto e não pode resistir às grandes forças. Como a porção inferior da cápsula articular do ombro é pouco reforçada, a luxação causada por impacto ou contração muscular violenta é mais freqüente nesse local. Essa luxação pode romper a parede inferior capsular e o lábio glenoidal. O processo de cicatrização geralmente deixa a articulação mais fraca e instável, o que aumenta a possibilidade de luxações futuras.

músculos apendiculares apóiam o ombro e limitam sua amplitude de movimento. Esses músculos, coletivamente chamados de *manguito rotador**, são um local freqüente de lesões esportivas.

Bolsas sinoviais [Figura 8.11a-c]

Como em outras articulações, as *bolsas sinoviais* no ombro reduzem o atrito onde passam grandes músculos e tendões através da cápsula articular. pág. 208 O ombro tem um número relativamente grande de bolsas sinoviais importantes. A **bolsa subacromial** e a **bolsa subcoracóidea** (Figura 8.11a,b) impedem o contato entre o acrômio e o processo coracóide e a cápsula articular. A **bolsa subdeltóidea** e a **bolsa subtendínea do músculo subescapular** (Figura 8.11a-c) situam-se entre grandes músculos e a cápsula articular. A inflamação de uma ou mais dessas bolsas pode restringir o movimento e produzir os sintomas dolorosos da **bursite**.

Articulação do cotovelo [Figura 8.12]

A **articulação do cotovelo** é complexa e composta pelas articulações entre (1) o úmero e a ulna (articulação umeroulnar) e (2) o úmero e o rádio (articulação umerorradial). Essas articulações possibilitam a flexão e a extensão do cotovelo. Esses movimentos, quando combinados com as articulações radiulnares proximal e distal analisadas a seguir, permitem o posicionamento da mão, possibilitando, então, uma ampla diversidade de atividades, como alimentação, cuidados pessoais ou defesa, simplesmente mudando a posição da mão com relação ao tronco.

A articulação maior e mais forte no cotovelo é a *umeroulnar*, na qual a tróclea do úmero projeta-se na incisura troclear da ulna. págs. 179, 183 Na *articulação umerorradial*, que é menor e se localiza lateralmente à articulação umeroulnar, o capítulo do úmero articula-se com a cabeça do rádio (Figura 8.12).

A articulação do cotovelo é extremamente estável porque (1) as faces articulares ósseas do úmero e da ulna unem-se para evitar movimentos de abdução/adução e rotação, (2) a cápsula articular é muito espessa e (3) a cápsula é reforçada por ligamentos fortes. A face medial da articulação é estabilizada pelo **ligamento colateral ulnar**. Esse ligamento estende-se do epicôndilo medial do úmero, ao processo coronóide da ulna anteriormente, e ao olécrano posteriormente (Figura 8.12a,b). O **ligamento colateral radial** estabiliza a articulação lateralmente. Estende-se entre o epicôndilo lateral do úmero e o **ligamento anular do rádio** que une a cabeça do rádio à incisura radial da ulna (Figura 8.12e).

Apesar da resistência da cápsula e dos ligamentos, a articulação do cotovelo pode sofrer lesão em função de fortes impactos ou tensões incomuns. Por exemplo, quando você cai sobre a mão com o cotovelo parcialmente flexionado, as contrações dos músculos que estendem o cotovelo podem fraturar a ulna no centro da incisura troclear. Pressões menores podem produzir luxações ou outras lesões no cotovelo, especialmente se o crescimento epifisial não estiver completo. Por exemplo, pais apressados podem puxar um bebê atrás de si, exercendo pressão serpenteante para cima, na articulação do cotovelo, o que pode resultar em luxação parcial conhecida como "cotovelo da babá".

Articulações radiulnares [Figura 8.13]

As articulações *radiulnar proximal* e *radiulnar distal* permitem a supinação e a pronação do antebraço. Na articulação radiulnar proximal, a cabeça do rádio articula-se com a *incisura radial da ulna.* págs. 179, 183 A cabeça do rádio é mantida em posição pelo **ligamento anular do rádio** (Figura 8.13a). A articulação radiulnar distal é uma articulação sinovial trocóidea. As faces articulares incluem a *incisura ulnar do rádio,* a *cabeça da ulna* e um *disco articular fibrocartilagíneo.* Essas faces articulares são mantidas em articulação por ligamentos radiulnares e pela *membrana interóssea do antebraço* (Figura 8.13b).

A pronação e a supinação nas articulações radiulnares é controlada por músculos que se inserem no rádio. O maior deles é o *músculo bíceps braquial,* situado no compartimento anterior do braço. Seu tendão insere-se na *tuberosidade do rádio,* e a contração desse músculo produz flexão do cotovelo e supinação do antebraço. Os músculos responsáveis pelo movimento do cotovelo e das articulações radiulnares serão detalhados no Capítulo 11.

Articulações do punho [Figura 8.14]

As articulações do punho consistem na **articulação radiocarpal** e nas **articulações intercarpais**. A articulação radiocarpal (do punho) envolve a face articular carpal do rádio e três ossos carpais proximais**: escafóide, semilunar e piramidal. A articulação radiocarpal é uma articulação elipsóidea que permite flexão/extensão, adução/abdução e circundução. As articulações intercarpais são planas e permitem deslizamento e ligeiros movimentos de rotação.

Estabilidade do punho [Figura 8.14b,c]

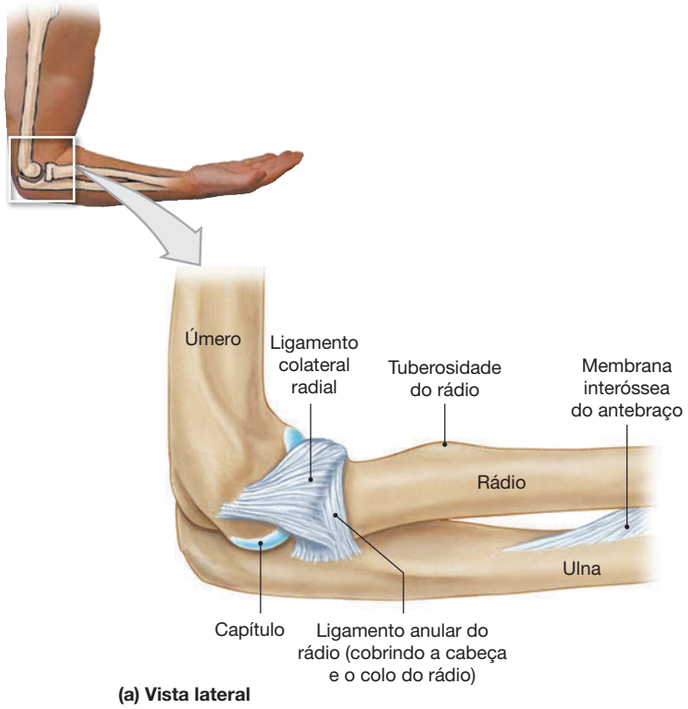
As faces dos ossos carpais que não participam nas articulações são ásperas devido à inserção de ligamentos e passagem dos tendões. A cápsula articular de tecido conectivo rígido, reforçada por ligamentos, circunda o punho e estabiliza as posições de cada um dos ossos carpais (Figura 8.14b,c). Os principais ligamentos são os seguintes:

- o *ligamento radiocarpal palmar,* que conecta a epífise distal do rádio às faces anteriores do escafóide, semilunar e piramidal;
- o *ligamento radiocarpal dorsal,* que conecta a epífise distal do rádio às faces posteriores dos mesmos ossos carpais (não vistos a partir da face palmar);
- o *ligamento colateral ulnar do carpo,* que se estende do processo estilóide da ulna até a face medial do piramidal; e
- o *ligamento colateral radial do carpo,* que se estende do processo estilóide do rádio até a face lateral do escafóide.

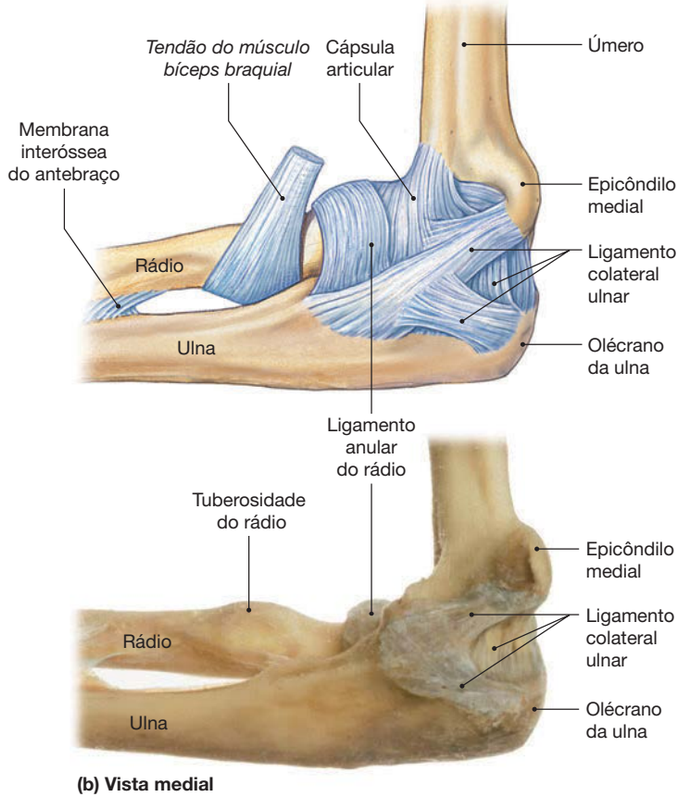
Além desses importantes ligamentos, vários *ligamentos intercarpais* conectam os ossos carpais, e os *ligamentos carpometacarpais* ligam os ossos carpais distais aos ossos metacarpais (Figura 8.14c). Os tendões que passam através da articulação do punho proporcionam reforço adicional. (Existem muitos tendões envolvidos, e eles não estão ilustrados na figura correspondente; eles serão examinados, assim como os músculos associados, no Capítulo 11.) Os tendões dos músculos que produzem flexão das articulações do punho e dos dedos passam sobre a face palmar da articulação do carpo, superficialmente aos ligamentos dessa articulação. Os tendões dos múscu-

* N. de R.T. Fazem parte do "manguito rotador" os músculos subescapular (anterior), supra-espinal (superior), infra-espinal e redondo menor (posteriores).

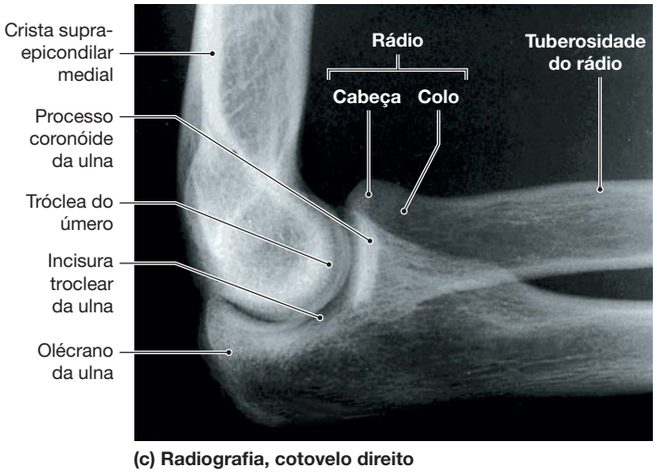
** N. de R.T. O osso piramidal articula-se com o disco articular da articulação radiulnar distal.



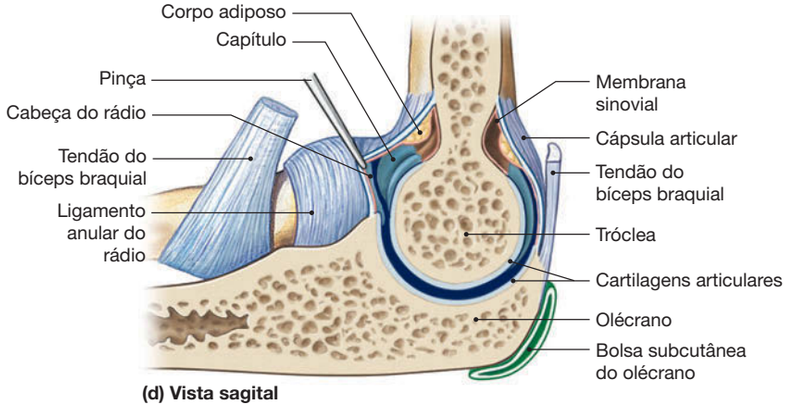
(a) Vista lateral



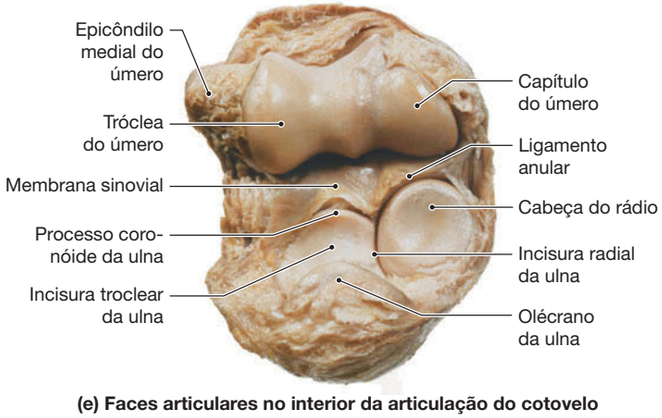
(b) Vista medial



(c) Radiografia, cotovelo direito



(d) Vista sagital



(e) Faces articulares no interior da articulação do cotovelo

Figura 8.12 Articulação do cotovelo.
A articulação do cotovelo é um gínglimo complexo, formado entre o úmero e a ulna e o rádio. Todas as vistas são da articulação do cotovelo direito. **(a)** Vista lateral. **(b)** Vista medial. O rádio é mostrado em pronação; observe a posição do tendão do músculo bíceps braquial, que se insere na tuberosidade do rádio. **(c)** Radiografia. **(d)** Vista sagital do cotovelo. **(e)** Vista posterior; a porção posterior da cápsula articular foi seccionada e a cavidade articular foi aberta para mostrar as faces opostas.

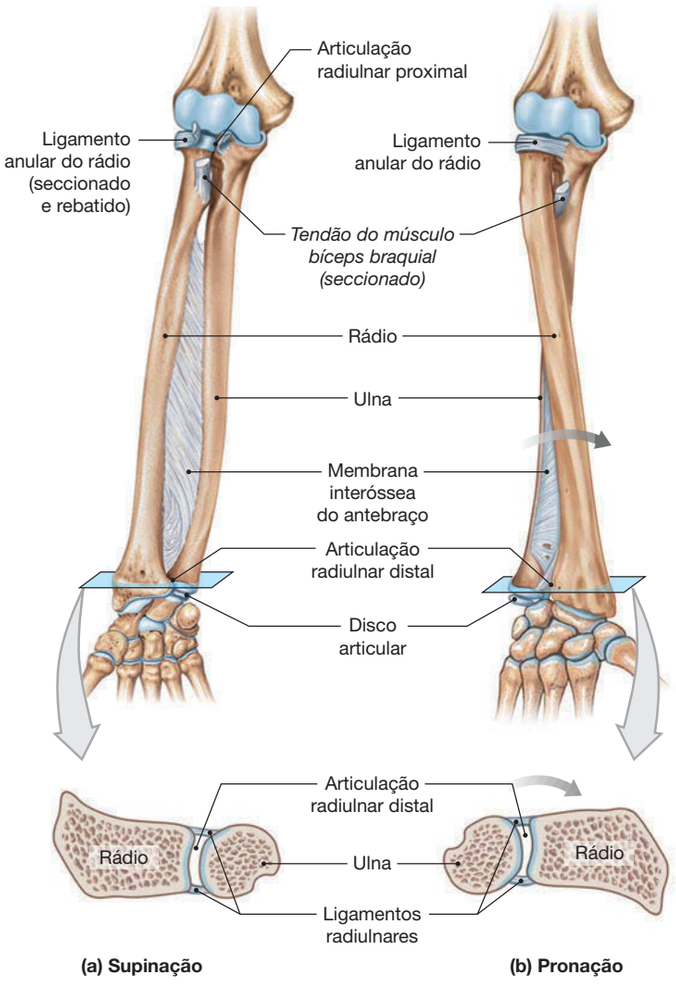


Figura 8.13 **Articulações radiulnares.**

los que produzem extensão passam através da face dorsal, de maneira semelhante. Um par de ligamentos transversos largos (retináculos dos músculos flexores e extensores) arqueia-se através das faces palmar e dorsal do punho, superficialmente a esses tendões, mantendo-os em posição.

Articulações da mão [Figura 8.14 e Tabela 8.4]

Os ossos carpais articulam-se com os ossos metacarpais da palma da mão (Figura 8.14a). O primeiro osso metacarpal tem uma articulação do tipo selar com o trapézio, a **articulação carpometacarpal do polegar** (Figura 8.14b,d). Todas as outras articulações carpometacarpais são planas. A **articulação mediocarpal** é formada por articulações intercarpais. As articulações entre os ossos metacarpais e as falanges proximais (**articulações metacarpofalângicas**) são sinoviais elipsóideas, permitindo flexão/extensão e adução/abdução. As **articulações interfalângicas** são sinoviais gínglimos que permitem flexão e extensão (Figura 8.14d).

As Tabelas 8.3 e 8.4 resumem as características das articulações do esqueleto axial e do membro superior, respectivamente.

REVISÃO DOS CONCEITOS

1. Quem tem a maior possibilidade de desenvolver inflamação da bolsa subtendínea do músculo subescapular – um jogador de tênis ou um corredor? Por quê?
2. Maria cai sobre as palmas das mãos com os cotovelos ligeiramente flexionados. Depois da queda, ela não pode mover o braço esquerdo na região do cotovelo. Se houver fratura, qual é o osso com mais probabilidade de estar fraturado?

Veja a seção de Respostas na parte final do livro.

Articulação do quadril [Figura 8.15]

A Figura 8.15 introduz a estrutura da **articulação do quadril**. Nessa articulação sinovial esferóidea, a face articular do acetábulo (face semilunar)

TABELA 8.3 Articulações do esqueleto axial

Elemento	Articulação	Tipo de articulação	Movimentos
CRÂNIO			
Ossos da face e do crânio	Várias	Fibrosa (sutura ou sinostose)	Nenhum
Maxilas/dentes	Dentoalveolar	Fibrosa (gonfose)	Nenhum
Mandíbula/dentes	Dentoalveolar	Idem ao anterior	Nenhum
Temporal/mandíbula	Temporomandibular (ATM)	Sinovial plana e gínglimo combinados	Elevação/depressão, deslizamento lateral, protração/retração limitadas
COLUNA VERTEBRAL			
Occipital/atlas	Atlantoccipital	Sinovial condilar	Flexão/extensão
Atlas/áxis	Atlantoaxial mediana	Sinovial trocóidea	Rotação
Outros elementos vertebrais	Intervertebral (entre corpos vertebrais)	Cartilagínea (sínfise)	Movimento leve
	Dos processos articulares	Sinovial plana	Leve rotação e flexão/extensão
Vértebras torácicas/costelas	Costovertebral	Sinovial plana	Elevação/depressão
Costela/cartilagem costal	Costocondral	Cartilagínea (sincondrose)	Nenhum
Cartilagem costal/esterno	Esternocostal	Sincondrose (1ª costela)	Nenhum
		Sinovial plana (2ª a 7ª costelas)	Leve movimento de deslizamento
L V/sacro	Entre o corpo de L V e a base do sacro	Cartilagínea (sínfise)	Movimento leve
	Entre os processos articulares inferiores de L V e os processos articulares superiores do sacro	Sinovial plana	Leve flexão/extensão
Sacro/osso do quadril	Sacroilíaca	Sinovial plana	Leve movimento de deslizamento
Sacro/cóccix	Sacrococcígea	Sinovial plana (pode fundir-se)	Movimento leve
Vértebras coccígeas		Sinartrose (sinostose)	Nenhum

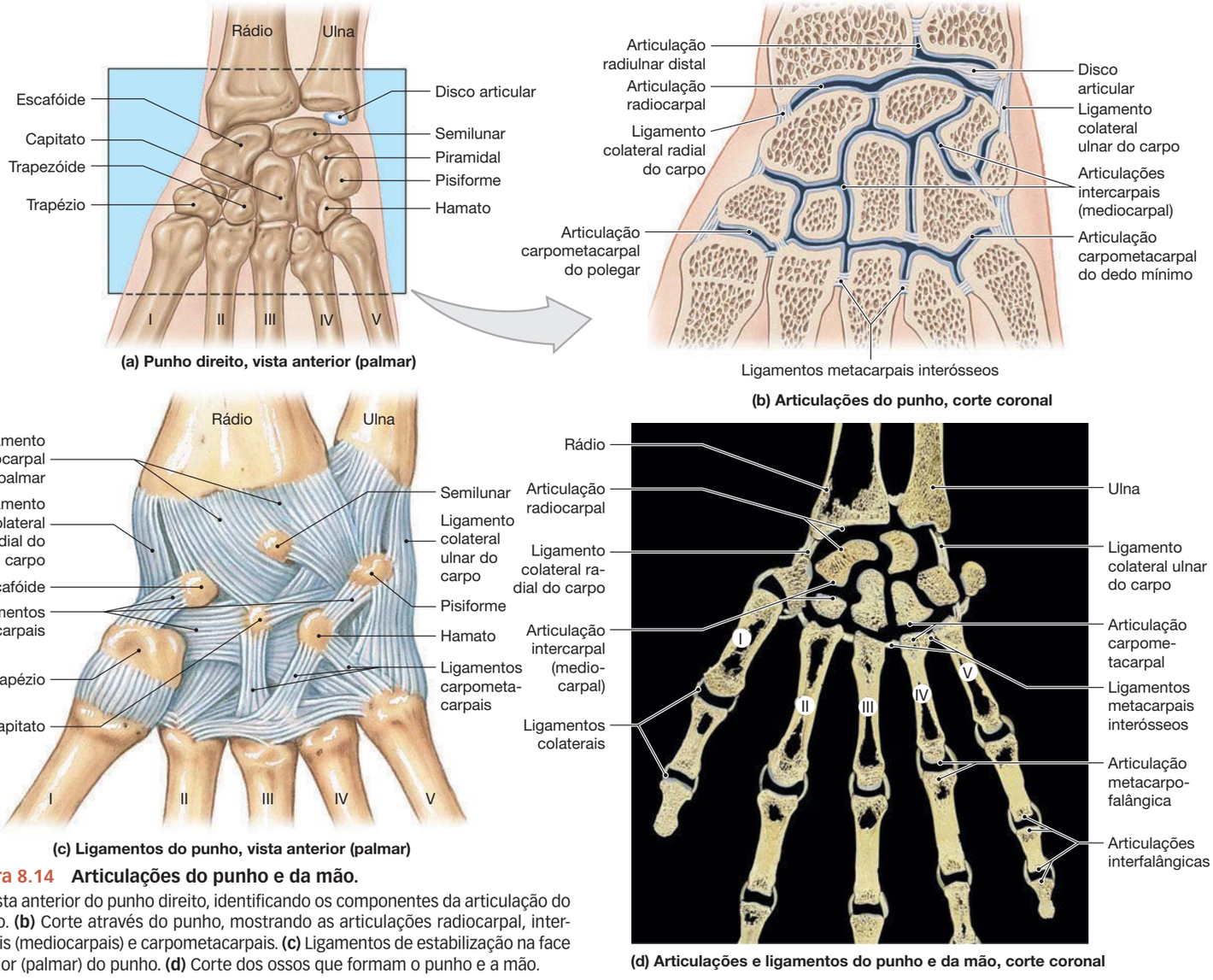


Figura 8.14 Articulações do punho e da mão.

(a) Vista anterior do punho direito, identificando os componentes da articulação do punho. **(b)** Corte através do punho, mostrando as articulações radiocarpal, intercarpais (mediocarpais) e carpometacarpais. **(c)** Ligamentos de estabilização na face anterior (palmar) do punho. **(d)** Corte dos ossos que formam o punho e a mão.

TABELA 8.4 Articulações do cíngulo do membro superior e do membro superior

Elemento	Articulação	Tipo de articulação	Movimentos
Esterno/clavícula	Esternoclavicular	Sinovial plana ("articulação plana" dupla, com duas cavidades articulares separadas por disco articular)	Protração/retração, depressão/elevação, ligeira rotação
Escápula/clavícula	Acromioclavicular	Sinovial plana	Leve movimento de deslizamento
Escápula/úmero	Glenoumeral (ombro)	Sinovial esferóidea	Flexão/extensão, adução/abdução, circundução, rotação
Úmero/ulna e úmero/rádio	Cotovelo (umeroulnar e umerorradial)	Sinovial gínglimo	Flexão/extensão
Rádio/ulna	Radiulnar proximal	Sinovial trocóidea	Rotação
	Radiulnar distal	Sinovial trocóidea	Pronação/supinação
Rádio/ossos carpais	Radiocarpal	Sinovial elipsóidea	Flexão/extensão, adução/abdução, circundução
Osso carpal/osso carpal	Intercarpal (mediocarpal)	Sinovial plana	Leve movimento de deslizamento
Osso carpal/primeiro metacarpal	Carpometacarpal do polegar	Sinovial selar	Flexão/extensão, adução/abdução, circundução, oposição
Ossos carpais/ossos metacarpais II–V	Carpometacarpal	Sinovial plana	Leve flexão/extensão, adução/abdução
Ossos metacarpais/falanges	Metacarpofalângica	Sinovial elipsóidea	Flexão/extensão, adução/abdução, circundução
Falange/falange	Interfalângica	Sinovial gínglimo	Flexão/extensão

é recoberta pela cartilagem articular e expande-se através do lábio do acetábulo fibrocartilagíneo que se fixa como uma ferradura no limbo do acetábulo até os limites da incisura do acetábulo (Figura 8.15a). Um corpo adiposo coberto pela membrana sinovial preenche a fossa do acetábulo. Esse corpo adiposo age como um amortecedor de impacto, e o tecido é estirado e comprimido sem danos.

Cápsula articular [Figura 8.15a-c]

A cápsula articular da articulação do quadril é extremamente densa, forte e espessa (Figura 8.15b,c). Diferentemente da cápsula da articulação do ombro, a da articulação do quadril contribui grandemente para a estabilidade da articulação. A cápsula estende-se das faces lateral e inferior do cíngulo do membro inferior até a linha intertrocantérica e crista intertrocantérica do fêmur, envolvendo a cabeça e o colo do fêmur. Essa organização ajuda a impedir que a cabeça do fêmur se distancie do acetábulo. Além disso, uma margem circular de fibrocartilagem, chamada de **lábio do acetábulo** (Figura 8.15a), aumenta a profundidade do acetábulo.

Estabilização do quadril [Figuras 8.15/8.16]

Quatro ligamentos largos reforçam a cápsula articular (Figura 8.15b,c). Três deles são espessamentos regionais da cápsula: **ligamentos iliofemoral**, **pubofemoral** e **isquiofemoral**. O **ligamento transverso do acetábulo** cruza a incisura do acetábulo e completa a margem inferior da fossa do acetábulo. Um quinto ligamento, o **ligamento da cabeça do fêmur**, origina-se ao longo do ligamento transverso do acetábulo e se fixa na fóvea da cabeça do fêmur (Figuras 8.15a e 8.16). Esse ligamento é tensionado quando a coxa é flexionada e submetida à rotação lateral. A estabilização adicional da articulação do quadril é proporcionada pelo volume dos músculos circundantes. Embora sejam permitidas flexão, extensão, adução, abdução e rotação, a flexão do quadril é o movimento normal mais importante. Todos esses movimentos são restringidos pela combinação de ligamentos, fibras capsulares e profundidade do acetábulo e pelo volume dos músculos circundantes.

O acetábulo quase completo que recebe a cabeça do fêmur, a forte cápsula articular, os poderosos ligamentos de sustentação e o denso envoltório muscular tornam essa articulação extremamente estável. As fraturas do colo do fêmur ou entre os trocanteres são, na verdade, muito mais comuns do que as luxações do quadril.

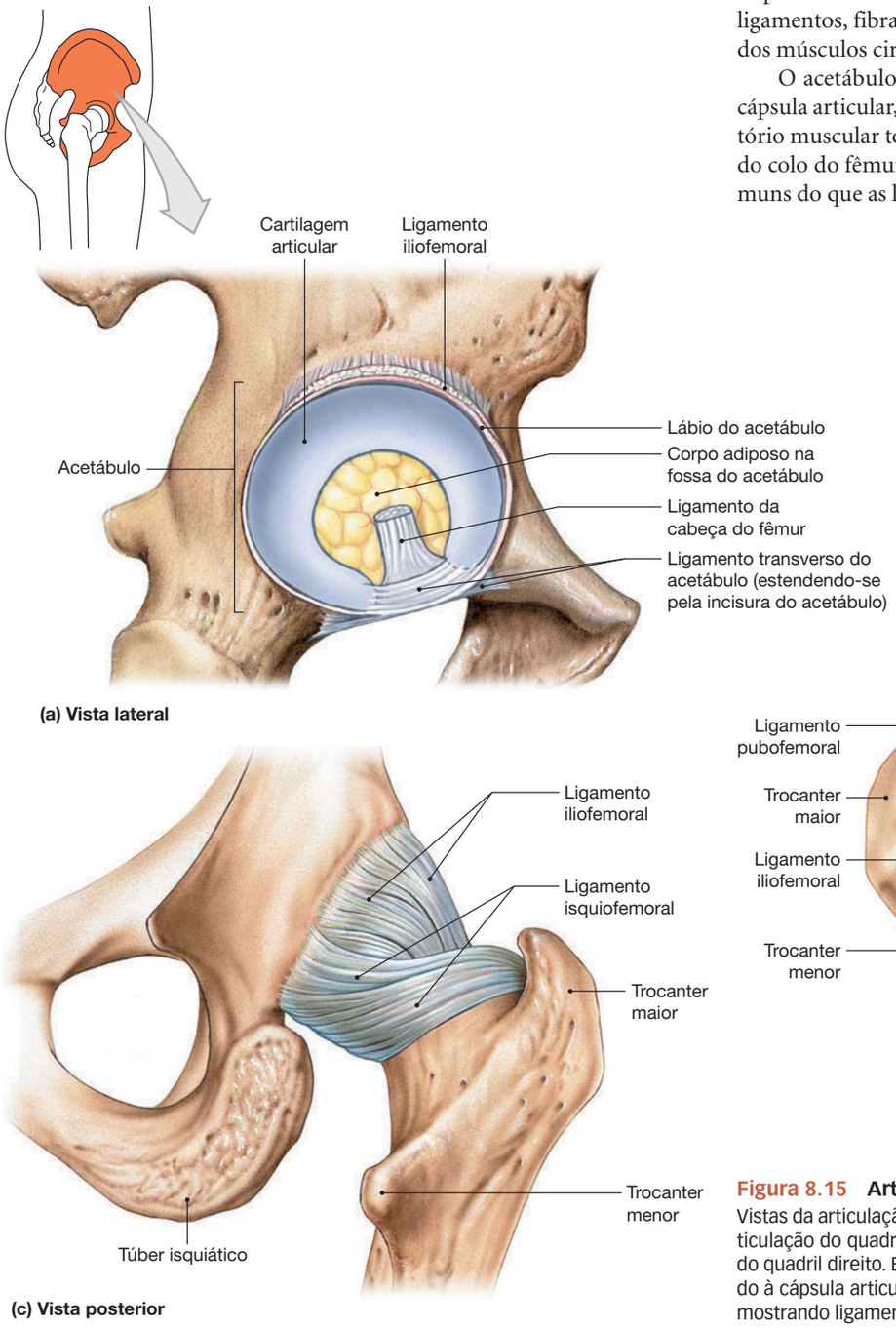
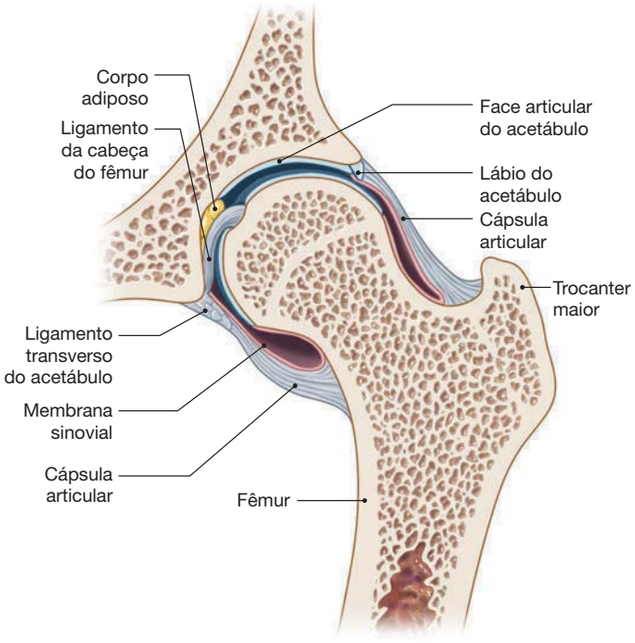
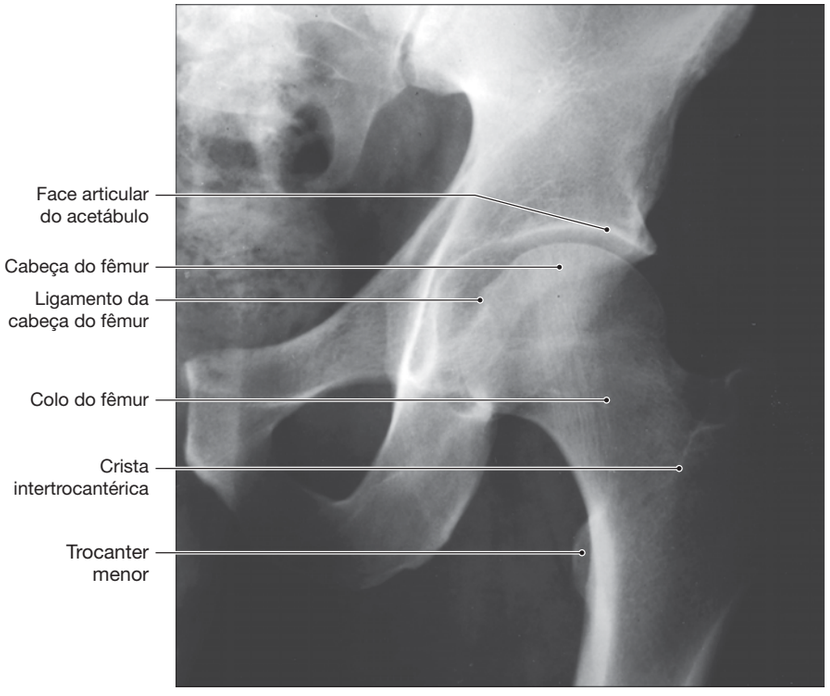


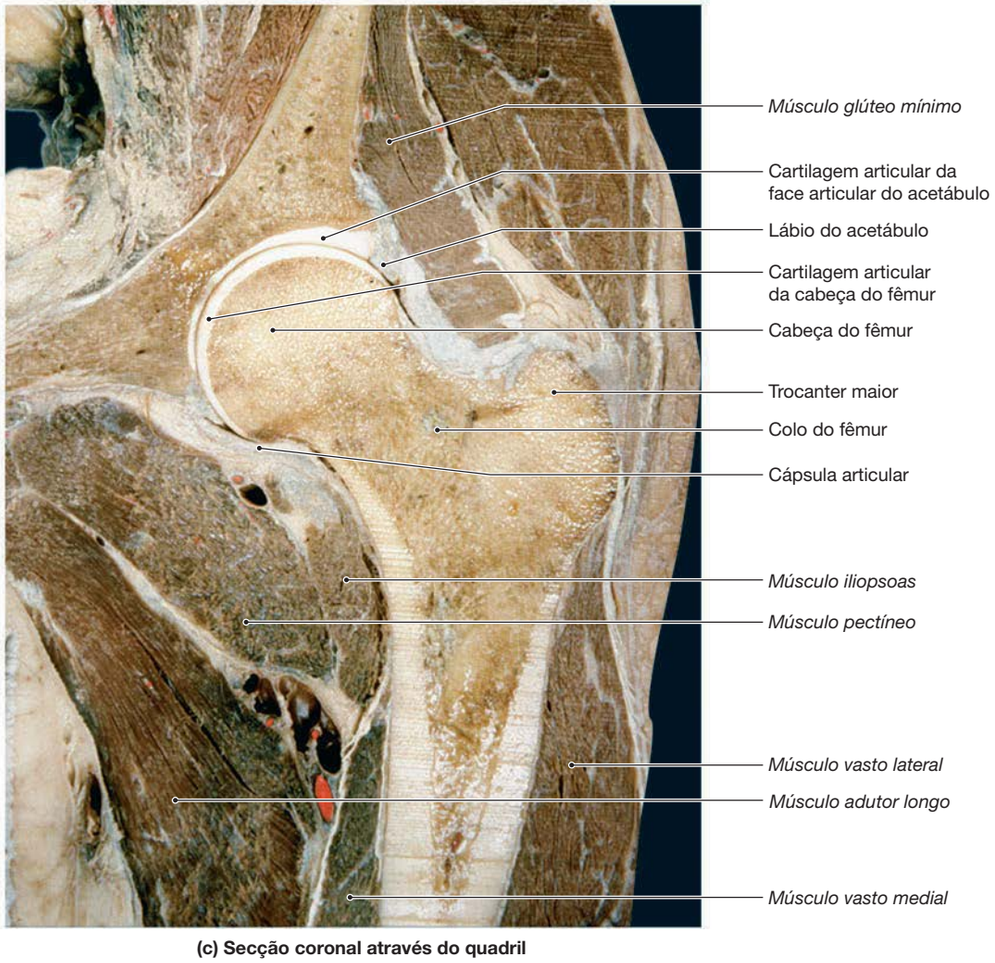
Figura 8.15 Articulação do quadril.
Vistas da articulação do quadril e ligamentos de sustentação. **(a)** Vista lateral da articulação do quadril direito, com fêmur removido. **(b)** Vista anterior da articulação do quadril direito. Essa articulação é extremamente forte e estável, em parte devido à cápsula articular espessa. **(c)** Vista posterior da articulação do quadril direito, mostrando ligamentos adicionais que acrescentam força à cápsula articular.



(a) Vista seccional



(b) Radiografia



(c) Secção coronal através do quadril

Figura 8.16 Estrutura articular da articulação do quadril.
Secção coronal da articulação do quadril. **(a)** Vista que mostra a posição e a orientação do ligamento da cabeça do fêmur. **(b)** Radiografia da articulação do quadril direito, vista ântero-posterior. **(c)** Secção coronal através do quadril.

Articulação do joelho

A articulação do joelho é responsável, em conjunto com as articulações do quadril e do tornozelo, pela sustentação do peso corporal durante uma série de atividades, como ficar em pé, caminhar e correr. Contudo, a anatomia do joelho deve proporcionar esse apoio ao mesmo tempo que (1) tem a maior amplitude de movimento (até 160 graus) do que qualquer articulação do membro inferior, (2) não tem a grande massa muscular que sustenta e reforça a articulação do quadril e (3) não tem os fortes ligamentos que sustentam a articulação do tornozelo.

Ainda que o joelho funcione como gínglimo, a articulação é muito mais complexa do que a do cotovelo. Os côndilos femorais arredondados rolam na face articular superior da tíbia, de modo que os pontos de contato estão mudando constantemente. O joelho é muito mais estável do que outras articulações, e é permitido um certo grau de rotação, além de flexão e extensão. Estruturalmente, o joelho é composto de duas articulações com uma cápsula sinovial complexa: uma articulação entre a tíbia e o fêmur (*articulação tibiofemoral*) e uma entre a patela e a face patelar do fêmur (*articulação patelofemoral*). ∞ págs. 193-196

Cápsula articular [Figuras 8.17/8.18b,c]

Não existe uma só cápsula articular no joelho nem uma cavidade articular comum (Figura 8.17). Os **meniscos medial** e **lateral**, fibrocartilagíneos, situam-se entre as faces articulares femoral e tibial (Figura 8.18b,c). Os meniscos (1) agem como amortecedores, (2) tomam a forma das faces articulares conforme o fêmur muda de posição, (3) aumentam a área de superfície da *articulação tibiofemoral* e (4) proporcionam certa estabilidade em ambos os lados da articulação. Os **corpos adiposos** proeminentes fornecem acolchoamento em torno das margens da articulação e auxiliam as bolsas sinoviais na redução do atrito entre a patela e outros tecidos (Figura 8.17a,b,d).

Ligamentos de sustentação [Figuras 8.17/8.18]

Sete importantes ligamentos estabilizam a articulação do joelho, e a luxação completa dessa articulação é um evento extremamente raro.

- O tendão do músculo quadríceps femoral responsável pela extensão do joelho passa sobre a face anterior da articulação (Figura 8.17a,d). A patela é envolvida por esse tendão, e o **ligamento da patela** continua inferiormente para se inserir na tuberosidade da tíbia. O ligamento da patela proporciona apoio à face anterior da articulação do joelho (Figura 8.17b), onde não há continuidade da cápsula articular.

Os ligamentos de sustentação restantes são agrupados como ligamentos extracapsulares ou intracapsulares, dependendo da localização do ligamento com relação à cápsula articular. Os ligamentos extracapsulares incluem os seguintes:

- O **ligamento colateral tibial** reforça a face medial da articulação do joelho, e o **ligamento colateral fibular** reforça a face lateral (Figuras 8.17a e 8.18). Esses ligamentos ficam tensionados apenas em extensão total e, nessa posição, agem para estabilizar a articulação.
- Dois **ligamentos poplíteos** (oblíquo e arqueado) superficiais estendem-se entre o fêmur e a tíbia e fíbula (Figura 8.18). Esses ligamentos reforçam posteriormente a articulação do joelho.
- Os ligamentos intracapsulares incluem o **ligamento cruzado anterior** (LCA) e o **ligamento cruzado posterior** (LCP), que conectam as áreas intercondilares anterior e posterior da tíbia aos côndilos lateral e medial do fêmur. *Anterior* e *posterior* referem-se a seus locais de origem na tíbia, e eles se entrecruzam conforme prosseguem para seus destinos no fêmur (Figura 8.18b,c). (O termo *cruzado* deriva do latim *crucialis*, que significa "um cruzamento".) Esses ligamentos limitam o movimento anterior e posterior do fêmur e mantêm o alinhamento dos côndilos femoral e tibial.

Travamento do joelho [Figura 8.18/Tabela 8.5]

A articulação do joelho pode "travar" na posição estendida. Em extensão total, uma ligeira rotação lateral da tíbia tensiona o ligamento cruzado anterior e comprime o menisco entre a tíbia e o fêmur. Esse mecanismo permite que você fique em pé por períodos prolongados sem utilizar (e cansar) os músculos extensores. O destravamento da articulação exige contrações musculares que produzem rotação medial da tíbia ou rotação lateral do fêmur.

A Tabela 8.5 resume informações sobre as articulações do membro inferior.

REVISÃO DOS CONCEITOS

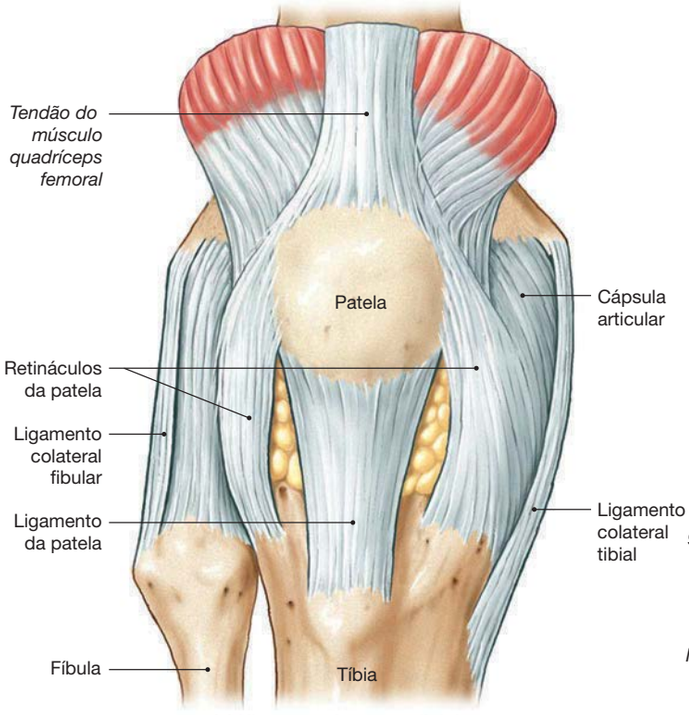
1. Onde você encontra os seguintes ligamentos: iliofemoral, pubofemoral e isquiofemoral?
2. Quais sintomas você esperaria ver em um indivíduo com lesão nos meniscos da articulação do joelho?
3. Como a articulação do joelho é afetada pela lesão no ligamento da patela?
4. Como os ligamentos da tíbia e da fíbula funcionam para estabilizar a articulação do joelho?

Veja a seção de Respostas na parte final do livro.

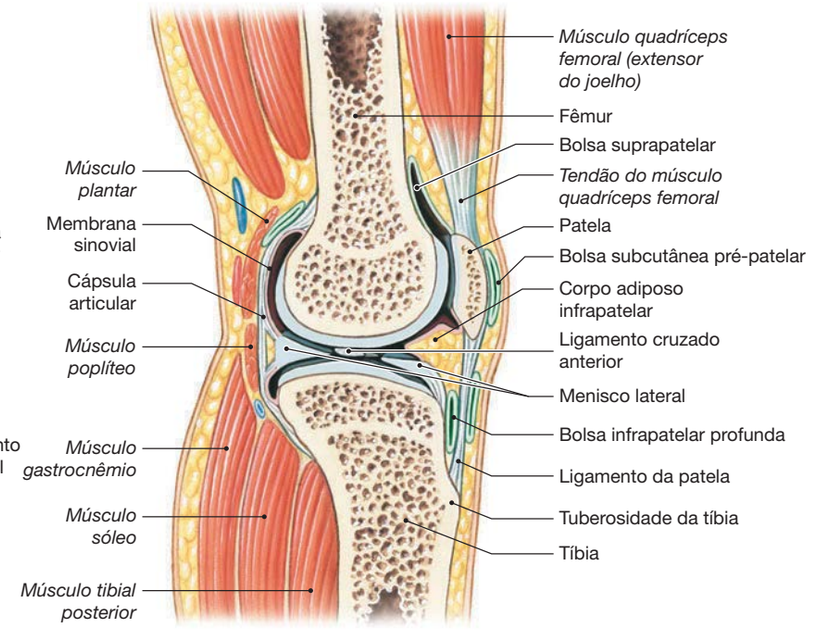
TABELA 8.5 Articulações do cíngulo do membro inferior e do membro inferior

Elementos	Articulação	Tipo de articulação	Movimentos
Sacro/ossos do quadril	Sacroilíaca	Sinovial plana	Movimentos deslizantes
Osso do quadril/osso do quadril	Sínfise púbica	Cartilagínea	Nenhum[1]
Osso do quadril/fêmur	Quadril	Sinovial esferóidea	Flexão/extensão, adução/abdução, circundução, rotação
Fêmur/tíbia	Joelho	Sinovial complexa, funciona como um gínglimo	Flexão/extensão, rotação limitada
Tíbia/fíbula	Tibiofibular (proximal)	Sinovial plana	Movimentos leves de deslizamento
	Tibiofibular (distal)	Sinovial plana e sindesmose (fibrosa)	Movimentos leves de deslizamento
Tíbia e fíbula com tálus	Tornozelo, ou talocrural	Sinovial gínglimo	Flexão dorsal/flexão plantar
Osso tarsal com osso tarsal	*Intertarsal*	Sinovial plana	Movimentos leves de deslizamento
Ossos tarsais com ossos metatarsais	Tarsometatarsal	Sinovial plana	Movimentos leves de deslizamento
Ossos metatarsais com falanges	Metatarsofalângica	Sinovial elipsóidea	Flexão/extensão, adução/abdução
Falange/falange	Interfalângica	Sinovial gínglimo	Flexão/extensão

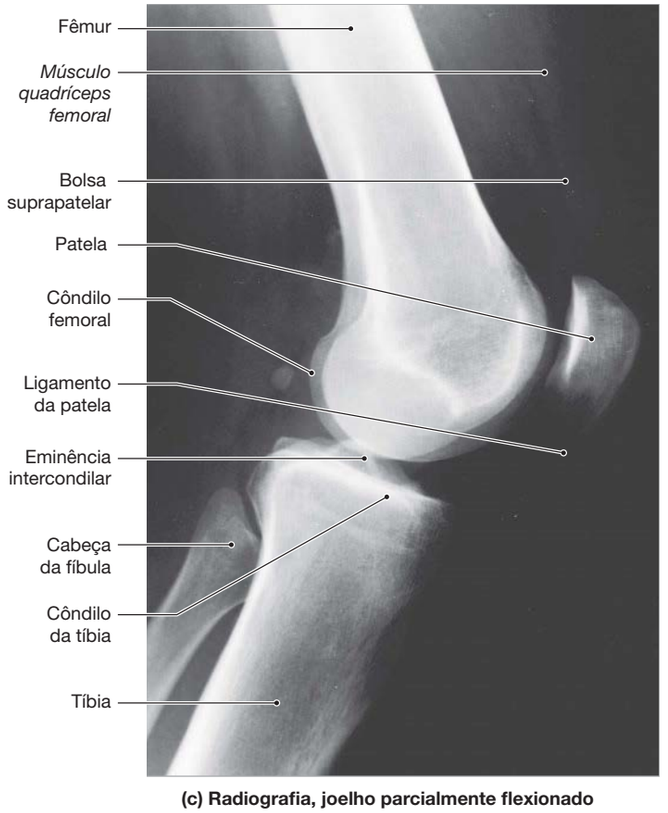
[1]Durante a gestação, os hormônios enfraquecem a sínfise e permitem movimento importante para o parto (veja o Capítulo 28).



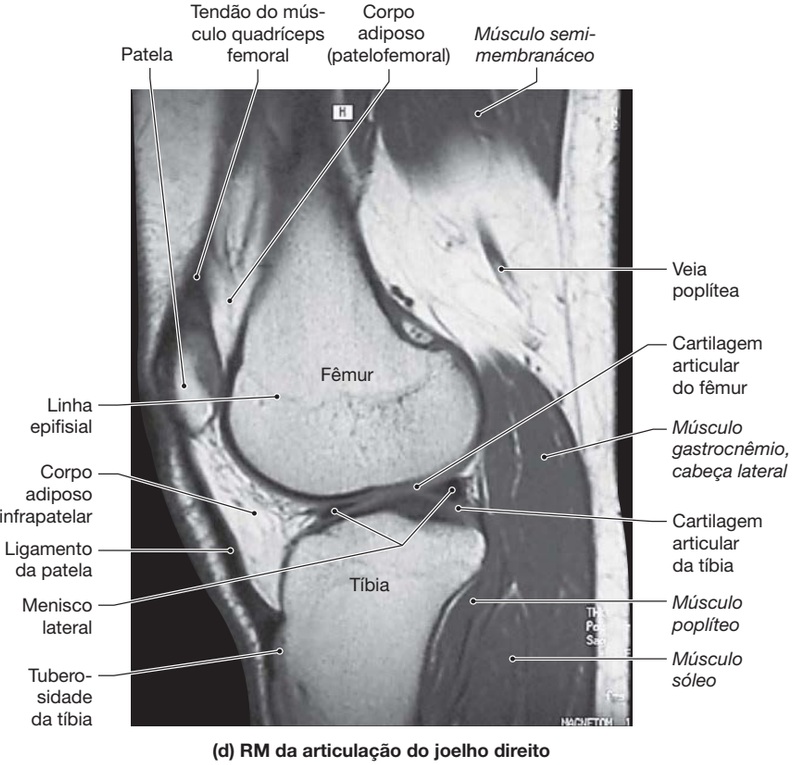
(a) Vista anterior, superficial



(b) Secção sagital



(c) Radiografia, joelho parcialmente flexionado



(d) RM da articulação do joelho direito

Figura 8.17 Articulação do joelho, parte I.

(a) Vista anterior de dissecação superficial da articulação do joelho direito estendida. **(b)** Secção sagital do joelho direito estendido. **(c)** Radiografia da articulação do joelho direito parcialmente flexionada, projeção lateral. **(d)** RM da articulação do joelho direito, secção sagital, seqüência de lateral para medial.

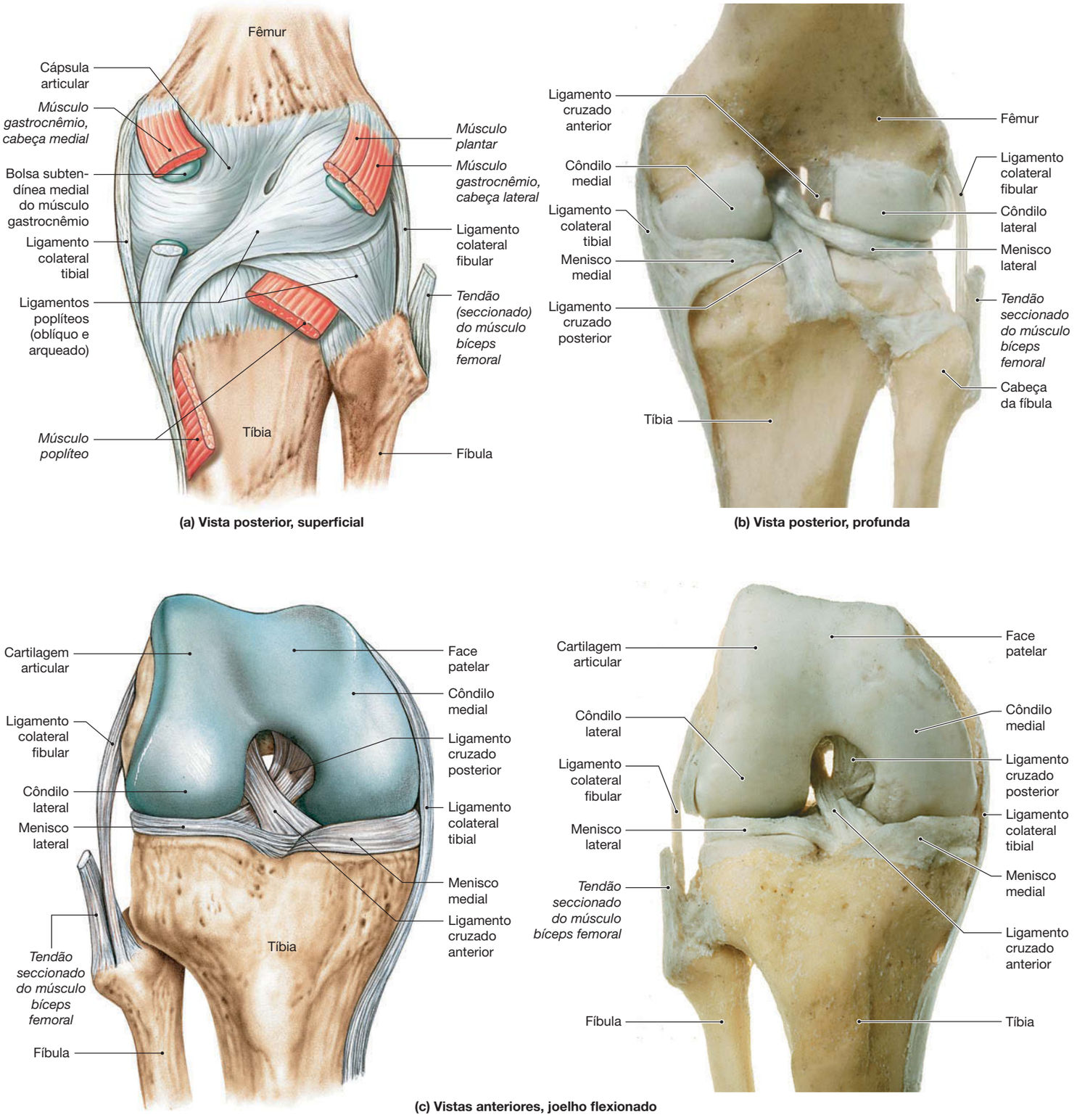


Figura 8.18 Articulação do joelho, parte II.
(a) Vista posterior de dissecação do joelho direito estendido, mostrando os ligamentos que sustentam a cápsula articular. **(b)** Parte posterior do joelho direito em extensão total após remoção da cápsula articular. **(c)** Vistas anteriores do joelho direito em flexão total após remoção da cápsula articular, da patela e dos ligamentos associados.

Nota clínica

Lesões do joelho Os atletas exercem enorme pressão sobre seus joelhos. Normalmente, os meniscos medial e lateral movem-se quando a posição do fêmur muda. Exercer grande peso sobre o joelho enquanto ele está parcialmente flexionado pode aprisionar o menisco entre a tíbia e o fêmur, resultando em lesão na fibrocartilagem. Na lesão mais comum, a perna é dirigida de lateral para medial, rompendo o menisco medial. Além de ser muito dolorosa, a fibrocartilagem rompida pode restringir o movimento na articulação. Pode, ainda, levar a problemas crônicos e ao desenvolvimento de "travamento do joelho" – ou seja, um joelho que parece instável. Às vezes, pode-se ouvir e sentir o menisco estalar na posição e fora dela quando o joelho está estendido. Para evitar essas lesões, os esportes mais competitivos proíbem atividades que geram impactos laterais no joelho, e os atletas que desejam continuar a se exercitar mesmo com lesão no joelho devem usar uma órtese que limite o movimento lateral.

Outras lesões do joelho envolvem ruptura de um ou mais ligamentos estabilizadores ou dano na patela. Pode ser difícil corrigir cirurgicamente os ligamentos rompidos, e a cicatrização é lenta. A ruptura do ligamento cruzado anterior (LCA) é uma lesão esportiva comum que afeta as mulheres duas a oito vezes mais do que os homens. A torção sobre o joelho estendido que apóia o peso é a causa mais freqüente. O tratamento não-cirúrgico com exercícios e órteses é possível, mas exige uma mudança nos padrões de atividade. A cirurgia reconstrutiva usando parte do ligamento da patela ou um aloenxerto de tendão cadavérico pode permitir o retorno aos esportes ativos.

A patela pode sofrer lesão de várias maneiras. Se a perna estiver imobilizada (como em um impacto no futebol) enquanto você tenta estender o joelho, os músculos são suficientemente poderosos para separar a patela. Os impactos na face anterior do joelho também podem estilhaçar a patela. O tratamento da fratura de patela é difícil e demorado. Os fragmentos precisam ser cirurgicamente removidos e os tendões e ligamentos, reparados. A articulação precisa ser imobilizada a seguir. As artroplastias totais de joelho raramente são realizadas em pessoas jovens, mas estão tornando-se cada vez mais comuns entre pacientes idosos com artrite grave.

Os médicos, em geral, avaliam as lesões do joelho por *exames artroscópicos*. O artroscópio usa fibra óptica que permite a exploração de uma articulação sem cirurgia importante. As fibras ópticas são fios finos de vidro ou plástico que conduzem luz. As fibras podem ser dobradas em extremidades para que sejam introduzidas no joelho ou em outra articulação, e movidas nesse espaço, possibilitando que o médico veja e diagnostique problemas em seu interior. O tratamento cirúrgico por artroscopia também é possível simultaneamente. Esse procedimento, denominado **cirurgia artroscópica**, simplificou muito o tratamento de lesões do joelho e de outras articulações. A Figura 8.19 é uma vista artroscópica do interior de um joelho com lesão, mostrando o menisco lesionado. Pequenos pedaços da fibrocartilagem podem ser removidos e o menisco pode ser aparado cirurgicamente. A **meniscectomia** total, remoção da fibrocartilagem afetada, é, em geral, evitada, porque deixa a articulação propensa a desenvolver doença articular degenerativa. Novas técnicas de cultura de tecidos podem, algum dia, permitir a substituição do menisco ou mesmo das cartilagens articulares.

A artroscopia é um procedimento invasivo com alguns riscos. A ressonância magnética (RM) é um método seguro, não-invasivo e com boa relação custo-benefício para ver e examinar tecidos moles em torno da articulação. Melhora a precisão do diagnóstico das lesões do joelho e reduz a necessidade de artroscopias para diagnóstico. Também pode ajudar a orientar o cirurgião artroscópico.

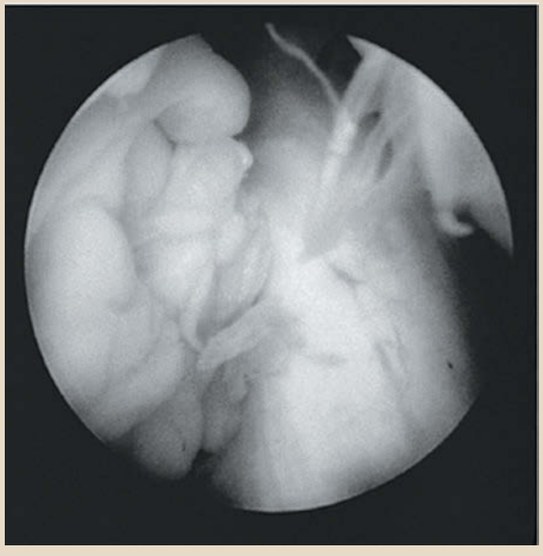


Figura 8.19 Vista artroscópica do interior de joelho com lesão, mostrando lesão de menisco.

Articulações do tornozelo e do pé

Articulação do tornozelo [Figuras 8.20/8.21]

A **articulação do tornozelo**, ou articulação talocrural, é um gínglimo formado por articulações entre a tíbia, a fíbula e o tálus (Figuras 8.20 e 8.21). A articulação do tornozelo permite flexão dorsal (extensão do tornozelo) e flexão plantar (flexão do tornozelo) limitadas. pág. 211

A principal articulação que apóia peso no tornozelo é a *articulação tibiotalar*, entre a face articular inferior da tíbia e a tróclea do tálus. O funcionamento normal da articulação tibiotalar, inclusive amplitude de movimento e apoio de peso, depende da estabilidade medial e lateral nessa articulação. Três articulações proporcionam essa estabilidade: (1) articulação tibiofibular, (2) sindesmose tibiofibular e (3) articulação talofibular.

A *articulação tibiofibular* é plana e formada entre a face póstero-lateral do côndilo lateral da tíbia e a cabeça da fíbula. A *sindesmose tibiofibular* é uma articulação fibrosa entre a tíbia e a fíbula. A articulação formada entre o maléolo lateral da fíbula e a face articular lateral do tálus chama-se de *articulação talofibular*. Uma série de ligamentos ao longo da extensão da tíbia e da fíbula mantém esses dois ossos unidos, e isso limita o movimento nas duas articulações tibiofibulares na articulação talofibular. A manutenção da amplitude apropriada de movimento nessas articulações proporciona a estabilidade medial e lateral do tornozelo.

A cápsula articular da articulação do tornozelo estende-se entre a epífise distal da tíbia, o maléolo medial, o maléolo lateral e o tálus. As porções anterior e posterior da cápsula articular são finas, mas lateral e medialmente a cápsula articular é forte e reforçada por ligamentos robustos, mostrados na Figura 8.21b-d. Os principais ligamentos são o **ligamento colateral medial (deltóideo)** e os três **ligamentos que constituem o ligamento colateral lateral**. Os maléolos, sustentados por esses ligamentos e unidos entre si pelos *ligamentos tibiofibulares* (anterior e posterior), impedem os ossos do tornozelo de deslizarem de um lado para outro.

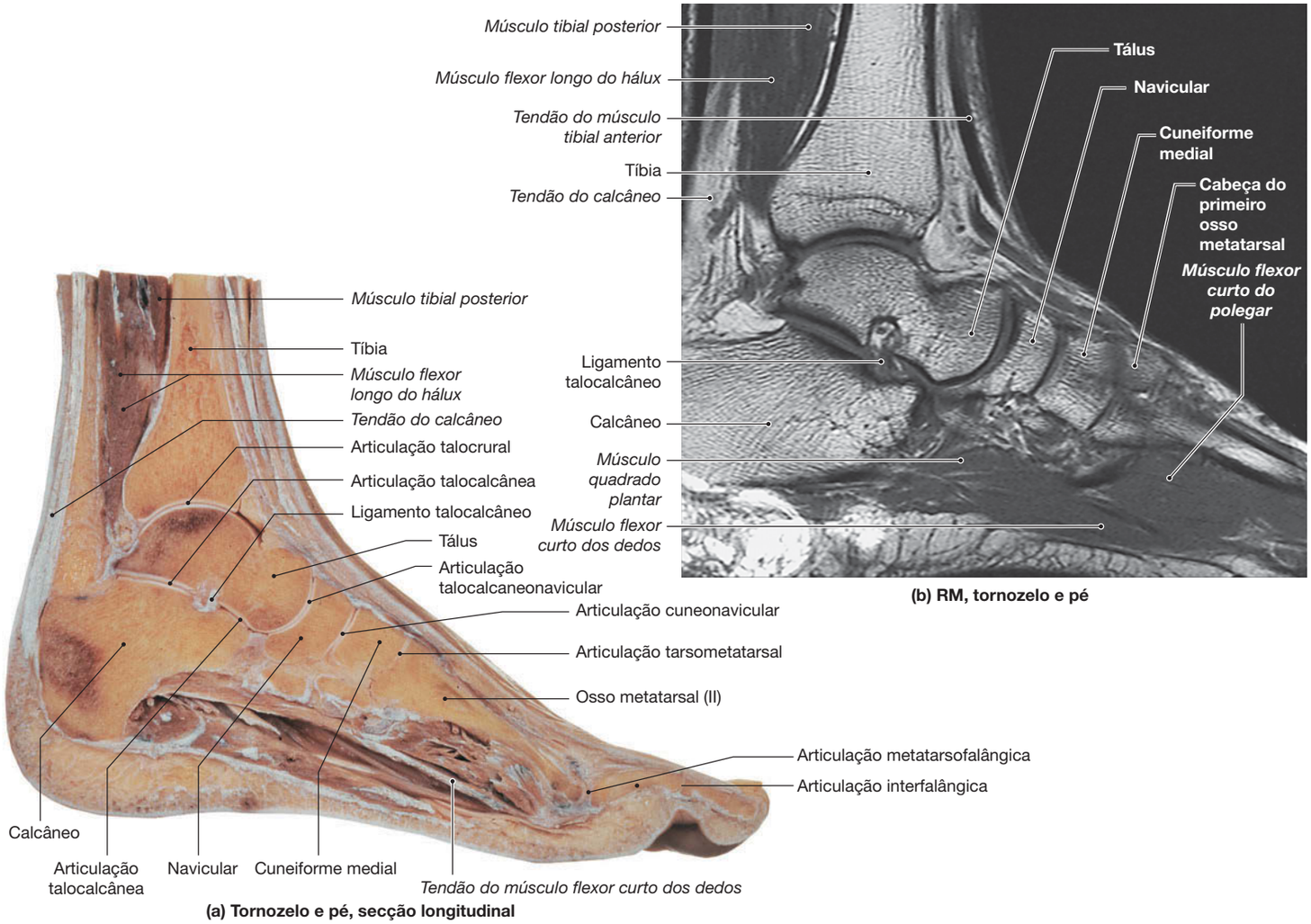


Figura 8.20 Articulações do tornozelo e do pé, parte I.
(a) Secção sagital do pé esquerdo, identificando as principais articulações e estruturas associadas. **(b)** RM correspondente do tornozelo esquerdo e da parte proximal do pé.

Articulações do pé [Figuras 8.20/8.21]

Quatro grupos de articulações sinoviais são encontrados no pé (Figuras 8.20 e 8.21):

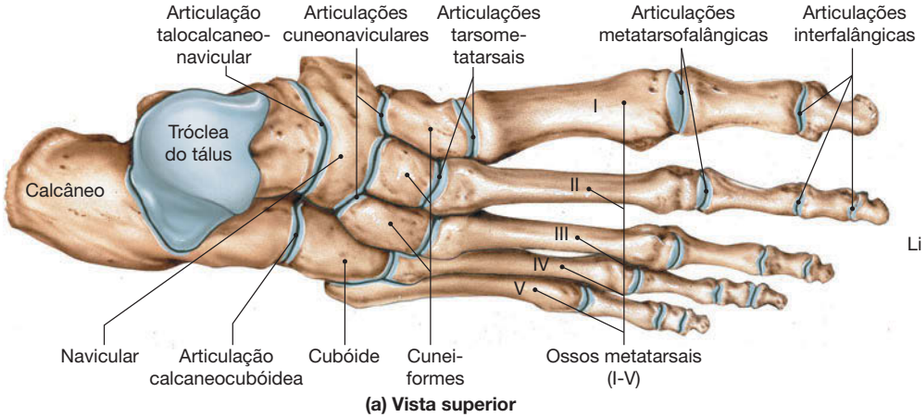
1. Osso tarsal com osso tarsal (**articulações intertarsais**). São articulações planas que permitem movimentos limitados de deslizamento e torção. As articulações entre os ossos tarsais são comparáveis àquelas entre os ossos carpais do punho.
2. Osso tarsal com osso metatarsal (**articulações tarsometatarsais**). São essas as articulações que permitem movimentos limitados de deslizamento e torção. Os três primeiros ossos metatarsais articulam-se com os cuneiformes medial, intermédio e lateral. O quarto e o quinto ossos metatarsais articulam-se com o cubóide.
3. Osso metatarsal com falange (**articulações metatarsofalângicas**). São articulações elipsóideas que permitem flexão/extensão e adução/abdução. As articulações entre os ossos metatarsais e as falanges assemelham-se às que há entre os ossos metacarpais e as falanges da mão. Visto que a primeira articulação metatarsofalângica é elipsóidea, em vez de ter forma de sela, como a primeira articulação metacarpofalângica da mão*, o hálux não tem a mobilidade do polegar. Um par de ossos sesamóides geralmente se forma nos tendões que cruzam a face inferior dessa articulação, e sua presença restringe ainda mais o movimento.
4. Falange com falange (**articulações interfalângicas**). São gínglimos que permitem flexão e extensão.

* N. de R.T. A primeira articulação metacarpofalângica é elipsóidea; a articulação sinovial selar é a carpometacarpal do polegar.

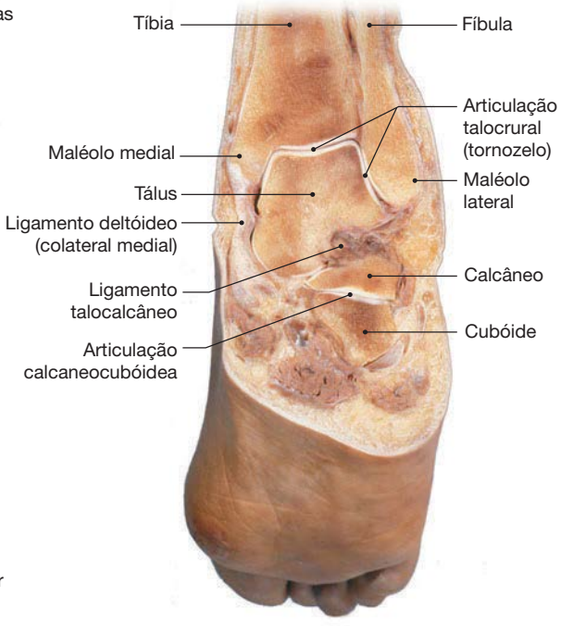
Envelhecimento e articulações

As articulações estão sujeitas a grande desgaste e a rupturas durante toda a vida, e os problemas com a função articular são relativamente comuns, em especial nos idosos. **Reumatismo** é um termo geral que indica dor e rigidez que afetam o sistema esquelético, o sistema muscular ou ambos. Existem formas importantes de reumatismo. A **artrite** abrange todas as doenças reumáticas que afetam articulações sinoviais. A artrite sempre compromete as cartilagens articulares, mas a causa específica pode variar. Por exemplo, a artrite pode resultar de infecção bacteriana ou viral, lesão, problemas metabólicos ou graves pressões físicas.

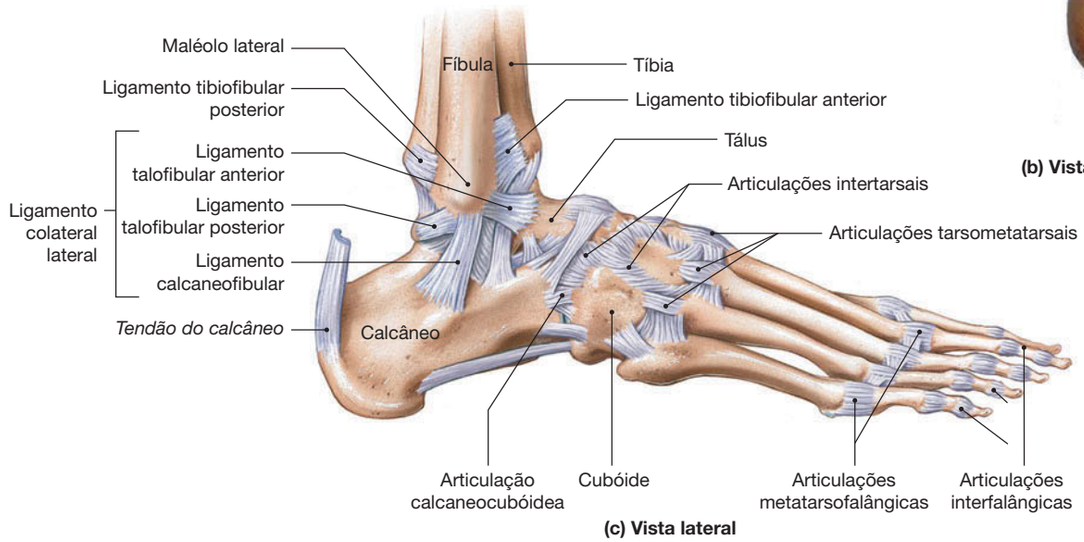
Com a idade, a massa óssea diminui e os ossos ficam mais fracos, de modo que o risco de fraturas aumenta. Caso se desenvolva osteoporose, os ossos podem enfraquecer a ponto de as fraturas ocorrerem por pressões que seriam facilmente toleradas por ossos normais. As fraturas de quadril



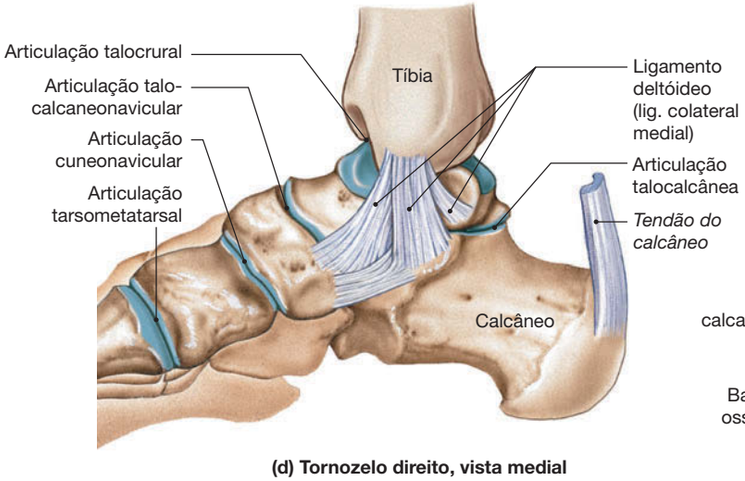
(a) Vista superior



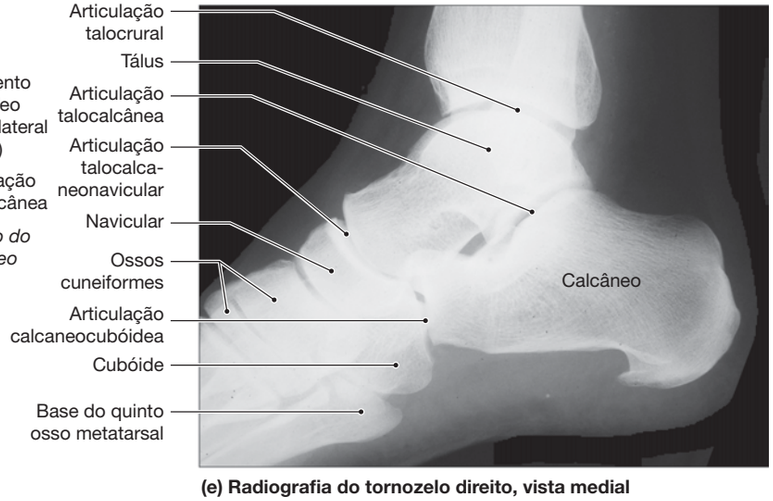
(b) Vista posterior de secção coronal



(c) Vista lateral



(d) Tornozelo direito, vista medial



(e) Radiografia do tornozelo direito, vista medial

Figura 8.21 Articulações do tornozelo e do pé, parte II.
(a) Vista superior de ossos e articulações do pé direito. **(b)** Vista posterior de secção coronal do tornozelo direito depois de flexão plantar. Note a colocação dos maléolos medial e lateral. **(c)** Vista lateral do pé direito, mostrando ligamentos que estabilizam a articulação do tornozelo. **(d)** Vista medial do tornozelo direito, mostrando o ligamento colateral medial. **(e)** Radiografia do tornozelo direito, projeção medial/lateral.

estão entre as mais perigosas vistas em idosos. Essas fraturas, mais freqüentes em pessoas acima de 60 anos de idade, podem ser acompanhadas por luxação ou fraturas pélvicas.

A consolidação é bastante lenta, e os músculos poderosos que circundam a articulação do quadril em geral impedem o alinhamento adequado dos fragmentos ósseos. As fraturas do trocanter maior ou menor em geral têm boa consolidação se a articulação puder ser bem estabilizada; estruturas de aço, pinos, parafusos ou combinações desses dispositivos podem ser usados para manter o alinhamento e permitir que a consolidação avance normalmente.

Embora as fraturas de quadril sejam mais comuns entre indivíduos com mais de 60 anos, nos últimos anos, a freqüência dessas fraturas aumentou substancialmente entre atletas profissionais jovens.

Ossos e músculos

Os sistemas esquelético e muscular são estrutural e funcionalmente interdependentes; suas interações são tão extensas que, em geral, eles são considerados partes de um só *sistema musculoesquelético.*

Existem conexões diretas, porque os tecidos conectivos que circundam cada fibra muscular são contínuos com aquelas do periósteo que reveste o osso no qual o músculo está inserido. Os músculos e ossos também estão ligados fisiologicamente porque as contrações musculares só podem ocorrer quando a concentração extracelular de cálcio continua dentro dos limites estreitos relativamente normais, e a maior parte das reservas de cálcio do organismo é mantida no interior do esqueleto. Os três capítulos seguintes examinarão a estrutura e a função do sistema muscular e discutirão como as contrações musculares realizam movimentos específicos.

Caso clínico

O SISTEMA ESQUELÉTICO E AS ARTICULAÇÕES

A ESTRADA PARA DAYTONA

A corrida da NASCAR é um dos esportes cujo número de espectadores mais cresce nos Estados Unidos. Cada semana, o circuito e a estratégia de corrida correspondente são diferentes. Isso, combinado com a natureza "campestre" dos pilotos e a fascinação do povo norte-americano pelos automóveis, resultou no interesse crescente pelo esporte. A meta final de muitos pilotos é "pegar uma carona". Eles começam a correr nos circuitos de terra e têm esperança de escalar até a Busch Series e, por fim, chegar à NASCAR. Como os pilotos dos circuitos de terra batida não têm os patrocinadores fortes da Busch Series ou NASCAR, alguns sistemas de segurança dispendiosos são omitidos dos automóveis ou do equipamento do piloto.

Elliott é um jovem piloto que está brilhando no circuito de *stock car* local. Ele tem uma seqüência de 20 posições consecutivas entre os cinco melhores no circuito de terra Illinois-Indiana-Wisconsin-Michigan. Esta noite ele estará pilotando seu carro na Wisconsin State Fair, e vários "olheiros" da Busch Series estarão entre a multidão, procurando pilotos jovens e promissores para preencher as vagas previstas no circuito de corrida do próximo ano.

A corrida está indo bem para Elliott – que está, no momento, em primeiro lugar na volta 45 de uma corrida de 50 voltas. Quando Elliott surge na curva 3 e acelera, ganha rapidamente do último carro em campo. O pneu frontal direito do carro número 99, imediatamente à sua frente, estoura, atirando o carro contra a parede e, a seguir, de volta para a pista. Elliott freia, mas não consegue evitar a colisão com o carro 99. Bate na lateral do carro a pouco mais de 178 quilômetros por hora, causando rápida desaceleração. O carro número 12, que estava em segundo lugar, também freia e bate na traseira do carro de Elliott, a um pouco mais de 140 quilômetros por hora, deixando-o prensado entre o carro 99 e o 12. Quando o socorro chega ao carro de Elliott, ele é encontrado inconsciente e precisa ser retirado das ferragens do veículo.

Depois de removê-lo do carro, a equipe de socorro coloca um colar cervical em Elliott, que é posto na maca e levado ao hospital do autódromo.

Exame inicial

Um exame preliminar no hospital do autódromo observou o seguinte:

- Elliott está lentamente recuperando a consciência e ficando mais responsivo.
- Elliott queixa-se de "visão borrada" e continua perguntando "Quando a corrida vai começar?"

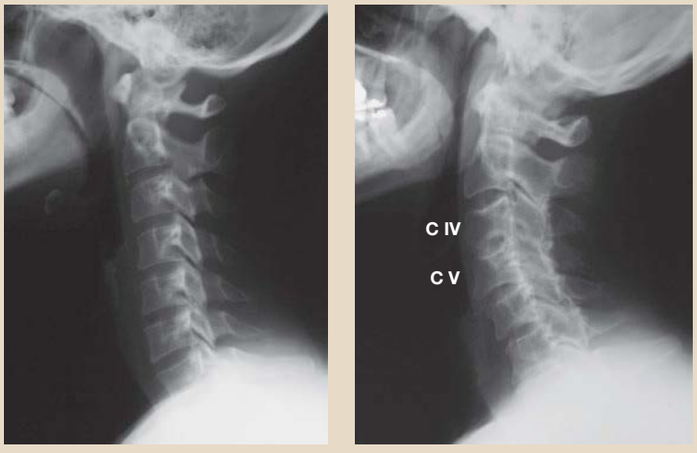
A equipe de emergência decide transferir Elliott para o St. Mary's Hospital, em Milwaukee.

Exame de acompanhamento

Os médicos do pronto-socorro deram início ao exame e constataram o seguinte:

- Além do **TCE (concussão)** leve sofrido no acidente, os médicos ficaram imediatamente preocupados com a possibilidade de lesão no pescoço. Assim, foi solicitada uma radiografia completa de cabeça e pescoço para Elliott.
- Os resultados do exame neurológico de triagem, inclusive a avaliação dos **reflexos tendíneos profundos** e das **respostas plantares**, são normais.
- A radiografia cervical mostra o desaparecimento da curvatura normal da região cervical (**Figura 8.22**).

Caso clínico (*continuação*)



(a) Radiografia de uma coluna cervical normal

(b) Radiografia da coluna cervical de Elliott

Figura 8.22 Radiografia das vértebras cervicais.
(a) Radiografia de vértebras cervicais normais. **(b)** Radiografia de vértebras cervicais demonstrando o desaparecimento da curvatura normal da região cervical e a presença de esporões ósseos em torno dos forames intervertebrais C IV e C V.

- Observam-se evidências de leves alterações degenerativas nas vértebras cervicais médias, com alguns **osteófitos** ao redor dos forames intervertebrais entre C IV e C V.
- Não se constatou fratura cervical.
- Quando o colar cervical foi removido, os médicos realizaram a palpação e manipulação do pescoço, envolvendo extensão e rotação. Essa parte do exame demonstrou rigidez e dor substanciais. A sensibilidade é notada na área dos processos transversos de C IV e C V.

Pontos a considerar

Quando você examinar as informações apresentadas acima, revise o material apresentado nos Capítulos 5 a 8 e determine quais informações anatômicas possibilitarão que você selecione os dados pertinentes sobre Elliott e seu problema.

1. Quais são as curvaturas normais da coluna vertebral?
2. Quais são as características anatômicas das vértebras cervicais, em particular de C IV e C V?
3. Quais estruturas de tecido mole são encontradas em associação com a região cervical da coluna vertebral, e quais são as funções dessas estruturas?
4. Quais são as características anatômicas das articulações intervertebrais?

Análise e interpretação

As informações a seguir respondem as perguntas da seção "Pontos a considerar". Para revisar esse material, consulte as páginas indicadas no capítulo.

1. A coluna vertebral apresenta quatro curvaturas normais. As curvaturas torácica e sacral são denominadas curvaturas primárias, e as curvaturas cervical e lombar são chamadas de curvaturas secundárias. ∞ págs. 159-160
2. A forma do corpo vertebral, do forame vertebral, dos processos espinhosos e dos processos transversos possibilitam que você distinga as vértebras cervicais das de outras regiões da coluna vertebral. ∞ págs. 161-165 Além disso, as características anatômicas de uma vértebra típica (C III a C VI) diferem das de C I, C II e C VII. ∞ pág. 164
3. Uma quantidade considerável de tecido mole encontrada em associação com a região cervical da coluna vertebral pode ter sido danificada no acidente.
4. As articulações entre os processos articulares superior e inferior das vértebras cervicais adjacentes podem ter sido danificadas no acidente. ∞ págs. 214-215

Diagnóstico

Elliott recebeu um diagnóstico de síndrome cervical resultante de hiperextensão/hiperflexão (também chamada de lesão em chicote) causada pela colisão frontal e traseira durante a corrida. Em decorrência dessa "lesão em chicote", provavelmente Elliott teve distensão de vários músculos da região do pescoço, o que causou a rigidez observada. Além da distensão muscular, Elliott pode ter lesão de um ou mais ligamentos associados à região cervical da coluna vertebral, inclusive do ligamento longitudinal posterior, do ligamento amarelo ou do ligamento interespinal. ∞ pág. 215 A flexão e a extensão súbitas e extremas da região cervical da coluna vertebral podem ter rompido um ou mais dos discos intervertebrais nessa região. ∞ pág. 216 As lesões degenerativas leves em C IV e C V (∞ págs. 163-164) podem ser devidas pelo menos a duas circunstâncias:

1. Essas alterações podem ser o resultado de uma ou mais lesões anteriores no pescoço, relacionadas com acidentes no passado.
2. Essas alterações nas vértebras são, via de regra, o resultado de desgaste e ruptura que aparecem em idade avançada. Contudo, como Elliott só tem 25 anos, tal motivo para esse achado é bastante improvável. ■

TERMOS DO CASO CLÍNICO

Concussão: Lesão em tecido mole, como o cérebro, que resulta de impacto ou golpe violento.

Osteófitos: Espessamento anormal em um osso, geralmente em resposta a um evento traumático; via de regra associado a dor devido a movimento do osso ou pressão sobre o crescimento ósseo.

Reflexos tendíneos profundos (*reflexo miotático*): Contração dos músculos em resposta a uma força de estiramento resultante da estimulação de proprioceptores.

Respostas plantares: Uma resposta a um estímulo, em geral a batida da face plantar do pé a partir do tornozelo até a região metatarsal. A resposta plantar normal é denominada reflexo de Babinski e consiste em extensão do hálux e abdução dos outros dedos do pé.

TERMOS CLÍNICOS

Anquilose: Fusão anormal entre ossos articulados em resposta a atrito por trauma no interior da articulação.

Artrite reumatóide: Artrite inflamatória que afeta quase 2,5% da população adulta. A causa é incerta, embora alergias, bactérias, vírus e fatores genéticos tenham sido propostos.

Artrites: Doenças reumáticas que afetam articulações sinoviais. A artrite sempre implica danos nas cartilagens articulares, mas a causa específica pode variar. As doenças artríticas são classificadas como de natureza **degenerativa** ou **inflamatória**.

Artroscópio: Instrumento que usa fibras ópticas para explorar uma articulação sem cirurgia importante.

Cirurgia artroscópica: Modificação cirúrgica de uma articulação usando um artroscópio.

Concussão (traumatismo cranioencefálico – TCE): Lesão em tecido mole, como o cérebro, que resulta de impacto ou golpes violentos sobre a cabeça.

Dor ciática: Resultado doloroso da compressão de raízes do nervo isquiático.

Esporão ósseo: Espessamento anormal de um osso, geralmente em decorrência de evento traumático; via de regra associado à dor devido ao movimento do osso ou pressão sobre o crescimento ósseo.

Hérnia de disco: Nome comum para uma condição causada por herniação de um disco intervertebral. A herniação aplica pressão aos nervos espinais, causando dor e limitação da amplitude de movimento.

Laminectomia: A remoção das lâminas do arco vertebral pode ser realizada para se ter acesso ao canal vertebral e aliviar os sintomas de hérnia de disco.

Luxação: A luxação é a condição na qual as faces articuladas são forçadas para fora da posição.

Meniscectomia: Remoção cirúrgica de menisco lesionado.

Movimento passivo contínuo (MPC): Procedimento terapêutico que envolve o movimento passivo de uma articulação com lesão para estimular a circulação do líquido sinovial. A meta é evitar a degeneração das cartilagens articulares.

Osteoartrite *(artrite degenerativa ou doença articular degenerativa [DAD])*: Condição artrítica que resulta de (1) desgaste e ruptura cumulativos das faces articulares ou (2) predisposição genética.

Reflexo tendíneo profundo (*reflexo miotático*): Contração tônica dos músculos em resposta a um estiramento.

Resposta plantar *(reflexo plantar)*: Resposta à estimulação tátil na região do metatarso do pé; normalmente flexão plantar dos dedos do pé.

Reumatismo: Termo geral que indica dor e rigidez que afetam o sistema esquelético, o sistema muscular ou ambos.

Separação do ombro: Luxação parcial ou completa da articulação acromioclavicular.

Subluxação: Luxação parcial; deslocamento das faces articulares, suficiente para causar desconforto, mas resultando em menos dano físico à articulação do que a luxação completa.

RESUMO PARA ESTUDO

Introdução 206

1. **Articulações** (junturas) existem sempre que dois ossos interagem. A função de uma articulação depende de seu desenho anatômico. As articulações podem permitir (1) nenhum movimento, (2) movimento leve ou (3) movimento amplo.

Classificação das articulações 206

1. Três categorias de articulações são baseadas na amplitude de movimento. *Articulações imóveis* são **sinartroses**, *articulações ligeiramente móveis* são **anfiartroses** e *articulações de movimento livre* são **diartroses**. As articulações podem ser classificadas por função *(ver Tabela 8.1)* ou por estrutura *(ver Tabela 8.2)*.

Sinartroses (articulações imóveis) 206

2. Em uma **sinartrose**, as margens ósseas são próximas entre si e podem soldar-se. Exemplos de sinartroses incluem **sutura** entre ossos do crânio, **gonfose** entre os dentes e os alvéolos dentais, **sincondrose** entre osso e cartilagem em uma placa epifisial e **sinostose**, na qual dois ossos fundem-se e o limite entre eles desaparece a seguir.

Anfiartroses (articulações ligeiramente móveis) 206

3. Na **anfiartrose**, são permitidos movimentos muito limitados. Exemplos de anfiartroses são **sindesmose**, na qual as fibras de colágeno conectam ossos da perna, e **sínfise**, na qual os ossos são separados por um disco de fibrocartilagem.

Diartroses (articulações com movimento livre) 206

4. Uma grande amplitude de movimento é permitida na **diartrose**, ou **articulação sinovial**. Essas articulações têm sete características comuns: uma **cápsula articular**; **cartilagens articulares**; uma **cavidade articular** preenchida com líquido sinovial; uma **membrana sinovial**; **ligamentos capsulares acessórios**; **fibras nervosas sensitivas** e **vasos sangüíneos** que suprem a membrana sinovial. As cartilagens articulares são lubrificadas por **líquido sinovial**. Outras estruturas sinoviais e acessórias podem incluir **meniscos** ou **discos articulares**; **corpos adiposos**; **tendões**; **ligamentos**; **bolsas sinoviais**; e **bainhas tendíneas sinoviais**. *(ver Figura 8.1)*
5. Uma articulação não pode ter ao mesmo tempo grande força e grande mobilidade. Quanto maior for a força de uma articulação, menor será sua mobilidade e vice-versa.

Forma e função articular 208

Descrição do movimento dinâmico 209

1. Os movimentos possíveis de um osso em uma articulação podem ser classificados como **movimento linear** (para trás e para frente), **movimento angular** (no qual o ângulo entre a diáfise e a face articular muda) e **rotação** (giro da diáfise em seu eixo longitudinal). *(ver Figura 8.2)*
2. As articulações são descritas como **uniaxiais**, **biaxiais** ou **triaxiais**, dependendo do número de eixos ao longo dos quais permitem o movimento. *(ver Figura 8.6)*

Tipos de movimentos 209

3. No **deslizamento**, as faces articulares opostas em uma articulação deslizam uma sobre a outra. *(ver Figura 8.2b)*
4. Vários termos importantes descrevem o movimento angular: **abdução** (movimento para longe do plano mediano do corpo), **adução** (movimento na direção do plano mediano do corpo), **flexão** (redução do ângulo entre os elementos articulados), **extensão** (aumento do ângulo entre os elementos articulados), **hiperextensão** (extensão para além dos limites anatômicos normais, produzindo, assim, dano articular) e **circundução** (tipo especial de movimento angular que inclui flexão, abdução, extensão e adução). *(ver Figura 8.3)*
5. A descrição de movimentos de rotação exige referência a uma figura na posição anatômica. A **rotação** da cabeça para a esquerda ou direita é observada quando se sinaliza um "não" com a cabeça. A **rotação medial** ou **lateral** é observada nos movimentos dos membros caso sua região ante-

rior volte-se para a direção da face ventral do corpo ou para longe dela. Os ossos do antebraço permitem **pronação** (movimento que faz a palma da mão voltar-se para trás) e **supinação** (movimento que faz a palma voltar-se para a frente). *(ver Figura 8.4)*

6. Vários termos especiais aplicam-se a articulações específicas ou tipos de movimento incomuns. Os movimentos do pé incluem **eversão** (que leva a planta do pé para fora) e **inversão** (que leva a planta do pé para dentro). O tornozelo realiza **flexão dorsal** (extensão do tornozelo, andar sobre os calcanhares) e **flexão plantar** (flexão do tornozelo, ficar na ponta dos pés). A **flexão lateral** ocorre quando a coluna vertebral inclina-se para o lado. A **protração** envolve mover uma parte do corpo para a frente (protrusão da mandíbula); a **retração** envolve movê-la para trás (mandíbula retraída para trás). **Oposição** é o movimento do polegar que nos possibilita apreender objetos. **Depressão** e **elevação** ocorrem quando movemos uma estrutura para baixo ou para cima (ocorre na abertura e no fechamento da boca). *(ver Figura 8.5)*

Classificação estrutural das articulações sinoviais 212

7. As **articulações planas** permitem movimento limitado, em geral em um só plano. *(ver Figura 8.6 e Tabela 8.2)*
8. Os **gínglimos** e as **articulações trocóideas** são uniaxiais e permitem movimento angular em um só plano. *(ver Figura 8.6 e Tabela 8.2)*
9. As articulações biaxiais incluem as **condilares (elipsóideas)** e as **selares**. Permitem movimento angular em dois planos. *(ver Figura 8.6 e Tabela 8.2)*
10. As **articulações triaxiais** ou **esferóideas** permitem todas as combinações de movimento, inclusive rotação. *(ver Figura 8.6 e Tabela 8.2)*

Articulações representativas 213

Articulação temporomandibular 214

1. A **articulação temporomandibular** (**ATM**) abrange a fossa mandibular do osso temporal e o processo condilar da mandíbula. Essa articulação tem um disco fibrocartilagíneo espesso, o disco articular. As estruturas de apoio incluem a densa cápsula, o **ligamento temporomandibular**, o **ligamento estilomandibular** e o **ligamento esfenomandibular**. Esse gínglimo permite amplitude restrita de deslizamento e rotação. *(ver Figura 8.7)*

Articulações da coluna vertebral 214

2. Os processos articulares superior e inferior das vértebras formam articulações planas com os das vértebras adjacentes. Os corpos formam sínfises. São separadas por **discos intervertebrais** que contêm um núcleo interno mole, elástico e gelatinoso, o **núcleo pulposo**, e uma camada externa fibrocartilagínea, o **anel fibroso**. *(ver Figuras 8.8/8.9)*
3. Numerosos ligamentos unem os corpos e os processos de todas as vértebras. *(ver Figura 8.8)*
4. As articulações da coluna vertebral permitem **flexão** e **extensão** (anterior-posterior), **flexão lateral** e **rotação**.
5. As articulações do esqueleto axial estão resumidas na *Tabela 8.3.*

Articulação esternoclavicular 216

6. A **articulação esternoclavicular** é plana e se localiza entre a extremidade esternal de cada clavícula e o manúbrio do esterno. Um disco articular separa as faces opostas. A cápsula é reforçada pelos **ligamentos esternoclaviculares anterior** e **posterior**, mais os **ligamentos interclavicular** e **costoclavicular**. *(ver Figura 8.10)*

Articulação do ombro 217

7. O ombro, ou **articulação glenoumeral**, formado pela cavidade glenoidal e pela cabeça do úmero, é uma articulação que permite a maior amplitude de movimento dentre todas as articulações do corpo. É uma articulação sinovial esferóidea. A força e a estabilidade são sacrificadas para se obter movimento. Os ligamentos e músculos e tendões circundantes proporcionam força e estabilidade. O ombro tem um grande número de **bolsas sinoviais** que reduzem o atrito quando grandes músculos e tendões passam através da cápsula articular. *(ver Figura 8.11)*

Articulação do cotovelo 219

8. A **articulação do cotovelo** é constituída pelas articulações entre (1) o úmero e a ulna e (2) o úmero e o rádio.
9. O **cotovelo** é um gínglimo que permite flexão e extensão. Trata-se, na verdade, de duas articulações, uma entre o úmero e a ulna *(articulação umeroulnar)* e uma entre o úmero e o rádio (*articulação umerorradial)*. Os **ligamentos colaterais radial** e **ulnar** e os **anulares** auxiliam a estabilizar essa articulação. *(ver Figura 8.12)*

Articulações radiulnares 219

10. As *articulações radiulnar proximal* e *radiulnar distal* permitem a supinação e a pronação do antebraço. A cabeça do rádio é mantida em articulação pelo **ligamento anular do rádio**, enquanto as faces articulares radiulnares distais permanecem articuladas por uma série de ligamentos radiulnares e pela membrana interóssea do antebraço. *(ver Figura 8.13)*

Articulações do punho 219

11. A **articulação do punho** é formada pela **articulação radiocarpal** e pelas **articulações intercarpais**. A articulação radiocarpal é uma articulação elipsóidea que envolve a face articular carpal do rádio e três ossos carpais proximais (escafóide, semilunar e piramidal). A articulação radiocarpal permite flexão/extensão, adução/abdução e circundução. Uma cápsula de tecido conectivo e ligamentos largos estabilizam as posições de cada osso. As articulações intercarpais são articulações planas. *(ver Figura 8.14)*

Articulações da mão 221

12. Cinco tipos de articulações sinoviais são encontrados na mão: (1) osso carpal com osso carpal (**articulações intercarpais**); sinovial plana; (2) osso carpal com primeiro osso metacarpal (**articulação carpometacarpal do polegar**); sinovial selar, que permite flexão/extensão, adução/abdução, circundução, oposição; (3) ossos carpais/ossos metacarpais II–V (**articulações carpometacarpais**); sinovial plana, que permite ligeira flexão/extensão e adução/abdução; (4) osso metacarpal/falange (**articulações metacarpofalângicas**); sinovial elipsóidea, que permite flexão/extensão, adução/abdução e circundução; e (5) falange/falange (**articulações interfalângicas**); sinovial em gínglimo, que permite flexão/extensão. *(ver Figura 8.14)*

Articulação do quadril 221

13. A **articulação do quadril** é uma sinovial esferóidea formada pela união do acetábulo do osso do quadril com a cabeça do fêmur. A articulação permite flexão/extensão, adução/abdução, circundução e rotação. *(ver Figuras 8.15/8.16)*
14. A cápsula articular da articulação do quadril é reforçada e estabilizada por quatro amplos ligamentos: **iliofemoral**, **pubofemoral**, **isquiofemoral** e **transverso do acetábulo**. Outro ligamento, o da **cabeça do fêmur**, também ajuda a estabilizar a articulação do quadril. *(ver Figuras 8.15/8.16)*

Articulação do joelho 225

15. A articulação do joelho funciona como um gínglimo, porém é mais complexa do que os gínglimos comuns, como a articulação do cotovelo. Estruturalmente, o joelho assemelha-se a três articulações distintas: (1) os côndilos mediais do fêmur e da tíbia, (2) os côndilos laterais do fêmur e da tíbia e (3) a patela e a face patelar do fêmur. A articulação permite flexão/extensão e rotação limitadas. *(ver Figuras 8.17/8.18/8.19)*
16. A cápsula articular do joelho não é uma cápsula unificada com uma cavidade articular comum. Ela contém (1) **elementos fibrocartilagíneos**, os **meniscos mediais** e os **meniscos laterais**, e (2) **corpos adiposos**. *(ver Figuras 8.17/8.18)*
17. Sete importantes ligamentos unem e estabilizam a articulação do joelho. São os **ligamentos da patela, colateral tibial, colateral fibular, poplíteos oblíquo e arqueado** e **ligamentos cruzados anterior** e **posterior** (**LCA** e **LCP**). *(ver Figuras 8.17/8.18)*

Articulações do tornozelo e do pé 228

18. A **articulação do tornozelo**, ou articulação talocrural, é um gínglimo formado pela face articular inferior da tíbia, pelo maléolo lateral da fíbula e pela tróclea do tálus. A articulação principal é a tibiotalar. A tíbia e a fíbula são unidas pelos **ligamentos tibiofibulares anterior** e **posterior**. Com esses ligamentos estabilizadores mantendo os ossos juntos, os maléolos medial e lateral podem evitar o deslizamento lateral ou medial da tíbia através da tróclea do tálus. A articulação do tornozelo permite flexão dorsal/flexão plantar. O **ligamento deltóideo (ligamento colateral medial)** e três **ligamentos que formam o ligamento colateral lateral** estabilizam ainda mais a articulação do tornozelo. *(ver Figuras 8.20/8.21)*
19. Quatro tipos de articulações sinoviais são encontrados no pé: (1) osso tarsal/osso tarsal (**articulações intertarsais**, nomeadas de acordo com o osso participante), sinovial plana; (2) osso tarsal/osso metatarsal (**articulações tarsometatarsais**), sinovial plana; (3) osso metatarsal/falange (**articulações metatarsofalângicas**), sinovial elipsóidea, que permite flexão/extensão e adução/abdução; e (4) falange/falange (**articulações interfalângicas**), sinovial em gínglimo, que permite flexão/extensão. *(ver Figuras 8.20/8.21 e Tabela 8.5)*

Envelhecimento e articulações 229

1. Os problemas com a função articular são relativamente comuns, em especial nos idosos. **Reumatismo** é um termo geral que indica dor e rigidez que afetam o aparelho locomotor; existem formas importantes. A **artrite** abrange todas as doenças reumáticas que afetam articulações sinoviais. Essas duas condições são cada vez mais comuns com o avanço da idade.

Ossos e músculos 231

1. Os sistemas esquelético e muscular são estrutural e funcionalmente interdependentes e constituem o *sistema musculoesquelético.*

REVISÃO DO CAPÍTULO

Para respostas às questões da Revisão dos Conceitos e Revisão do Capítulo, veja a seção de Respostas na parte final do livro.

Nível 1 – Revisão de fatos e termos

Associe cada item numerado com a letra do item que melhor se relaciona. Utilize letras para as respostas nos espaços apropriados.

Coluna A	**Coluna B**
___1. sem movimento	a. articulação do punho
___2. sinovial	b. flexão dorsal
___3. ângulo aumentado	c. coxim líquido
___4. bolsas sinoviais	d. diartrose
___5. palma voltada para anterior	e. joelho
___6. andar sobre os calcanhares	f. discos intervertebrais
___7. fibrocartilagem	g. supinação
___8. carpo	h. extensão
___9. meniscos	i. sinartrose

10. A função de uma bolsa sinovial é:
    (a) reduzir o atrito entre um osso e um tendão
    (b) absorver o impacto
    (c) suavizar o atrito entre a articulação e as estruturas adjacentes de uma articulação
    (d) a e b estão corretas

11. Todas as afirmações a seguir são verdadeiras com relação à capacidade de movimento das articulações, exceto:
    (a) grande estabilidade diminui a mobilidade
    (b) podem ser orientadas ou restringidas em certas direções pela forma das faces articuladas
    (c) podem ser modificadas pela presença de ligamentos acessórios e fibras de colágeno da cápsula articular
    (d) a força da articulação é determinada pela força dos músculos que nela se inserem e à sua cápsula articular

12. Qual das seguintes não é uma função da sinóvia (líquido sinovial)?
    (a) amortecer impactos
    (b) aumentar a pressão osmótica no interior da articulação
    (c) lubrificar a articulação
    (d) fornecer nutrientes

13. Uma articulação na qual as faces articulares podem deslizar em qualquer direção é denominada:
    (a) uniaxial (b) biaxial
    (c) multiaxial (d) monaxial

14. Qual dos seguintes ligamentos não está associado com a articulação do quadril?
    (a) ligamento iliofemoral
    (b) ligamento pubofemoral
    (c) ligamento da cabeça do fêmur
    (d) ligamento amarelo

15. A parte de trás da articulação do joelho é reforçada por:
    (a) ligamentos colaterais tibiais
    (b) ligamentos poplíteos
    (c) ligamento cruzado posterior
    (d) ligamentos da patela

16. A articulação do ombro é estabilizada principalmente:
    (a) por ligamentos e músculos que movem o úmero
    (b) pela escápula
    (c) apenas por ligamentos glenoumerais
    (d) pela clavícula

17. Um movimento de torção do pé que faz a planta voltar-se para dentro é a:
    (a) flexão dorsal (b) eversão
    (c) inversão (d) protração

18. Qual dos seguintes une corretamente estruturas da articulação do cotovelo?
    (a) epicôndilo lateral, tuberosidade do rádio
    (b) capítulo do úmero, cabeça do rádio
    (c) ligamento colateral radial, epicôndilo medial
    (d) olécrano, incisura radial

19. Luxações são dolorosas por causa da estimulação de receptores de dor em todas as localizações, exceto:
    (a) no interior da cavidade articular
    (b) na cápsula articular
    (c) nos ligamentos em torno da articulação
    (d) nos tendões em torno da articulação

20. Os ligamentos que limitam o movimento anterior e posterior do fêmur e mantêm o alinhamento dos côndilos femoral e tibial são os:
    (a) ligamentos cruzados
    (b) ligamentos colaterais fibulares
    (c) ligamentos da patela
    (d) ligamentos colaterais tibiais

Nível 2 – Revisão de conceitos

1. Quando um arremessador de beisebol "enrola-se" antes de arremessar, está tirando vantagem da capacidade de a articulação do ombro realizar:
    (a) rotação (b) protração
    (c) extensão (d) supinação
2. Compare e contraste a força e a estabilidade de uma articulação com relação à quantidade de mobilidade nessa articulação.
3. Como a classificação de uma articulação muda quando a epífise funde-se nas extremidades de um osso longo?
4. Como os maléolos da tíbia e da fíbula funcionam para manter o posicionamento correto da articulação talocrural?
5. Em que as cartilagens articulares diferem de outras cartilagens do corpo?
6. Quais são os fatores responsáveis pela limitação da amplitude de movimento de uma articulação sinovial?
7. Qual é o papel dos ligamentos capsulares em uma articulação sinovial complexa? Use a articulação do cotovelo para ilustrar sua resposta.
8. Qual é o mecanismo comum que mantém as articulações imóveis unidas, como as suturas do crânio e as gonfoses, mantendo os dentes em seus alvéolos dentais?
9. Como a pronação de um elemento esquelético pode ser distinguida de sua circundução?
10. O que você diria ao seu avô sobre a redução de sua estatura conforme ele envelhece?

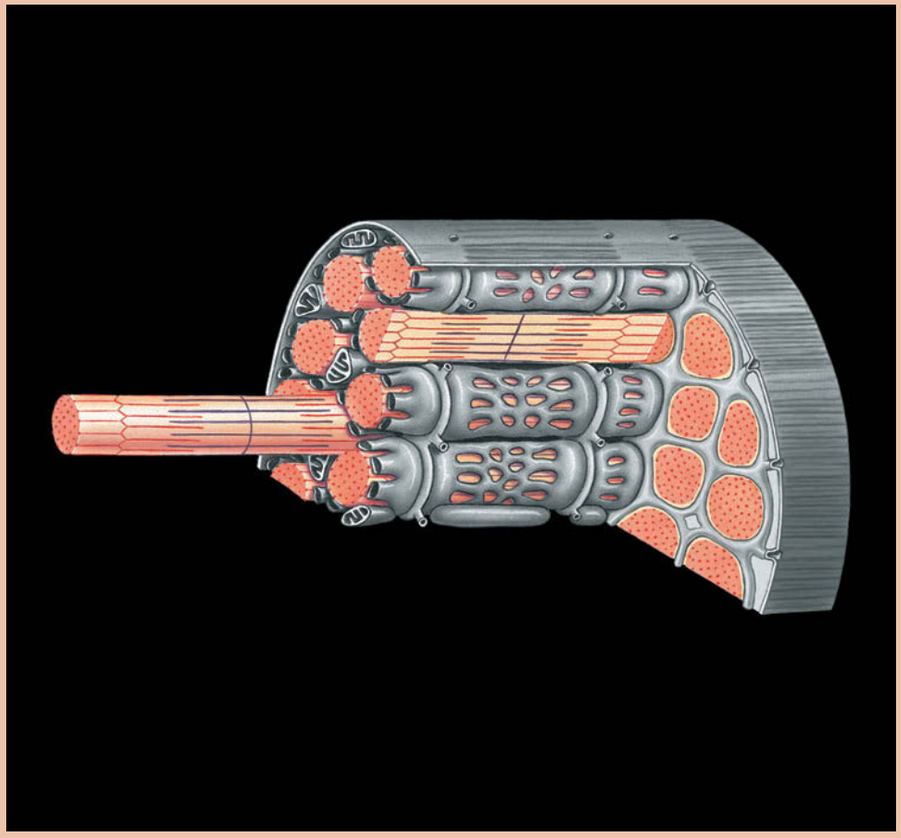
Nível 3 – Pensamento crítico

1. Quando uma pessoa envolvida em um acidente automobilístico sofre "lesão em chicote", quais estruturas foram afetadas e quais movimentos podem ser responsáveis pela lesão?
2. Um maratonista pisa em uma raiz de árvore exposta, torcendo o tornozelo. Depois de ser examinado, o diagnóstico é entorse grave do tornozelo, e não fratura. Provavelmente, o tornozelo demorará mais para cicatrizar do que um osso fraturado. Quais estruturas foram danificadas, e por que demoram tanto para cicatrizar?
3. Quase todas as lesões no joelho dos futebolistas ocorrem quando o jogador tem o joelho "plantado", em vez de flexionado. Quais são os fatos anatômicos responsáveis por isso?

9

O Sistema Muscular

Tecido Muscular Estriado Esquelético e Organização Muscular



Introdução 238

Funções do músculo estriado esquelético 238

Anatomia dos músculos estriados esqueléticos 238

Contração muscular 245

Unidades motoras e controle muscular 247

Tipos de fibras musculares estriadas esqueléticas 249

A organização das fibras musculares estriadas esqueléticas 251

Terminologia muscular 253

Alavancas e polias: um sistema projetado para o movimento 255

Envelhecimento e sistema muscular 256

OBJETIVOS DO CAPÍTULO:

1. Descrever as características diferenciais do tecido muscular.
2. Descrever as funções do tecido muscular estriado esquelético.
3. Discutir a organização dos tecidos conectivos, o suprimento sangüíneo e a inervação do músculo estriado esquelético.
4. Descrever a disposição do retículo sarcoplasmático, dos túbulos transversos, das miofibrilas e dos miofilamentos, bem como a organização dos sarcômeros no interior da fibra muscular esquelética.
5. Descrever a função do retículo sarcoplasmático e dos túbulos transversos na contração muscular.
6. Discutir a estrutura da sinapse neuromuscular e resumir os eventos que ocorrem no nível da junção.
7. Resumir o processo de contração muscular.
8. Descrever uma unidade motora e o controle das fibras musculares.
9. Relacionar a distribuição dos vários tipos de fibras musculares esqueléticas ao desempenho muscular.
10. Descrever a disposição dos fascículos nos vários tipos de músculos e explicar as diferenças funcionais resultantes.
11. Prever as ações de um músculo com base nas suas inserções: ponto fixo e ponto móvel.
12. Explicar o modo como os músculos interagem para produzir ou para se opor a movimentos.
13. Utilizar o nome de um músculo para ajudar a identificar e recordar sua orientação, características próprias, localização, aspecto e função.
14. Descrever as relações entre músculos e ossos, os diferentes tipos de alavancas e polias anatômicas, e compreender como as alavancas e polias aumentam a eficiência dos músculos.
15. Descrever os efeitos do exercício e do envelhecimento sobre o músculo esquelético.

É difícil imaginar como seria a vida sem o tecido muscular. Seríamos incapazes de sentar, ficar em pé, andar, falar ou pegar objetos. O sangue não circularia, porque não haveria batimento cardíaco para propeli-lo ao longo dos vasos. Os pulmões não poderiam inflar-se e esvaziar-se ritmicamente e o alimento não poderia mover-se ao longo do trato digestório. De fato, não haveria praticamente nenhum movimento em qualquer via interna de passagem.

Isso não significa que toda a vida dependa do tecido muscular, pois os vegetais são organismos vivos e não apresentam músculos. Sem os músculos, a vida humana seria impossível, já que muitos de nossos processos fisiológicos e virtualmente todas as nossas interações dinâmicas com o ambiente envolvem o tecido muscular. O tecido muscular, um dos quatro tipos de tecidos primários, é composto principalmente de *fibras musculares* – células alongadas, capazes de contração ao longo do seu eixo longitudinal. O tecido muscular também contém fibras de tecido conectivo que direcionam as forças de contração para realizar trabalho. Há três tipos de tecido muscular: *músculo esquelético*[1], *músculo cardíaco e músculo liso.* pág. 75

A principal função do tecido **muscular estriado esquelético** é movimentar o corpo ao exercer tração sobre os ossos do esqueleto, possibilitando-nos inúmeras atividades, como andar, dançar ou tocar um instrumento musical. O **músculo estriado cardíaco** propele o sangue para os vasos do sistema circulatório; o **tecido muscular liso** conduz líquidos e sólidos ao longo do trato digestório e executa funções variadas em outros sistemas. Esses tecidos musculares compartilham quatro propriedades básicas:

1. *Excitabilidade*: Capacidade de responder a estímulos. Por exemplo, os músculos esqueléticos normalmente respondem a estímulos do sistema nervoso, e alguns músculos lisos respondem a hormônios circulantes.
2. *Contratilidade*: Capacidade de encurtar-se ativamente e exercer força de tração ou tensão, cujas direções podem ser determinadas por tecidos conectivos.
3. *Extensibilidade*: Capacidade de manter a contratilidade em situação de distensão. Por exemplo, uma célula muscular lisa pode ser distendida e atingir uma dimensão equivalente a várias vezes o seu comprimento original e, ainda assim, contrair-se quando estimulada.
4. *Elasticidade*: Capacidade de um músculo de retornar ao seu comprimento original após uma contração.

Este capítulo é voltado para a discussão do tecido muscular esquelético. O tecido muscular cardíaco será considerado no Capítulo 21, que trata da anatomia do coração; o tecido muscular liso será considerado no Capítulo 25, na discussão sobre sistema digestório.

Músculos esqueléticos são órgãos que contêm todos os quatro tipos básicos de tecidos, mas são compostos principalmente de tecido muscular esquelético. O **sistema muscular** do corpo humano é constituído por mais de 700 músculos esqueléticos e inclui todos os músculos esqueléticos que podem ser controlados voluntariamente. Esse sistema será abordado nos próximos três capítulos. O presente capítulo considera a função, a anatomia macro e microscópica, e a organização dos músculos esqueléticos, assim como a terminologia apropriada. O Capítulo 10 discute a anatomia macroscópica da musculatura axial, ou seja, os músculos esqueléticos associados ao esqueleto axial. O Capítulo 11 discute a anatomia macroscópica da musculatura apendicular, ou seja, os músculos esqueléticos associados ao esqueleto apendicular.

[1] A *Terminologia Histologica: International Terms for Human Cytology and Histology (TH, © 2007)* divide esta categoria em músculo estriado esquelético e músculo estriado visceral não cardíaco.

Funções do músculo estriado esquelético

Músculos estriados esqueléticos são órgãos contráteis direta ou indiretamente fixos aos ossos do esqueleto. Os músculos esqueléticos desempenham as seguintes funções:

1. *Produção de movimento do esqueleto*: Contrações musculares tracionam os tendões e movimentam os ossos do esqueleto. Seus efeitos vão desde movimentos simples, como estender um braço, até movimentos altamente coordenados: nadar, esquiar ou digitar.
2. *Manutenção da postura e posicionamento do corpo*: A contração de músculos específicos mantém a postura corporal – por exemplo, manter a cabeça em posição durante a leitura de um livro ou equilibrar o peso do corpo sobre os pés ao caminhar envolve a contração de músculos que estabilizam as articulações. Sem a constante contração muscular, não seria possível sentar em posição ereta sem desabar nem levantar sem cair para frente.
3. *Sustentação de tecidos moles*: A parede abdominal e o soalho da cavidade pélvica consistem em camadas de músculo esquelético. Estes músculos sustentam o peso das vísceras e protegem os tecidos internos contra lesões.
4. *Regulação da entrada e saída de materiais:* Aberturas ou **orifícios** dos tratos digestório e urinário são circundados por músculos esqueléticos. Esses músculos permitem o controle voluntário da deglutição, defecação e micção.
5. *Manutenção da temperatura corporal*: A contração muscular precisa de energia, e sempre que o corpo utiliza energia, converte parte dela em calor. A perda de calor pela contração muscular mantém nossa temperatura corporal dentro do intervalo necessário para o seu funcionamento normal.

Anatomia dos músculos estriados esqueléticos

Ao nomear as características estruturais de músculos e seus componentes, os anatomistas freqüentemente utilizaram os termos gregos *sarkos* (carne) e *mys* (músculo). Esses radicais devem ser mantidos em mente ao longo da discussão. Inicialmente abordaremos a anatomia macroscópica do músculo esquelético e então descreveremos a microestrutura que possibilita a contração.

Anatomia macroscópica [Figura 9.1]

A Figura 9.1 apresenta o aspecto e a organização de um músculo esquelético típico. O estudo da anatomia macroscópica do músculo será iniciado com uma descrição dos tecidos conectivos que unem e fixam os músculos esqueléticos a outras estruturas.

Tecido conectivo do músculo [Figura 9.1]

Cada músculo esquelético possui três camadas concêntricas ou envoltórios de tecido conectivo: o epimísio, externo, o perimísio, central, e o endomísio, interno (Figura 9.1).

- O **epimísio** (*epi*, sobre + *mys*, músculo) é uma camada densa e irregular de tecido conectivo que envolve todo o músculo esquelético. O epimísio, que separa o músculo dos tecidos e órgãos adjacentes, é aderido à *fáscia muscular (profunda).* pág. 74
- As fibras de tecido conectivo do **perimísio** (*peri*, em torno) dividem o músculo em uma série de compartimentos internos, cada

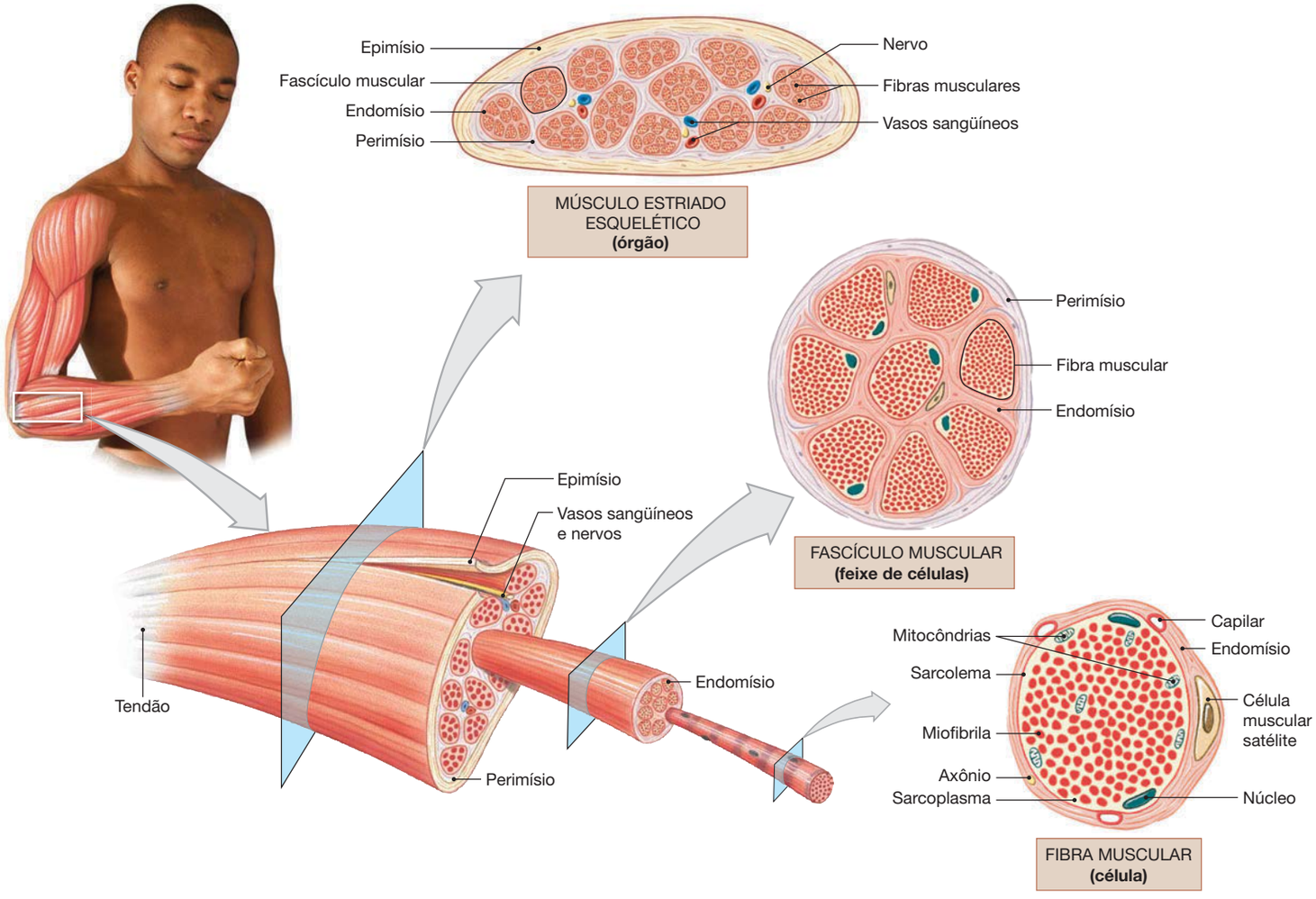


Figura 9.1 Organização estrutural dos músculos estriados esqueléticos.
Um músculo esquelético consiste em feixes de fibras musculares (fascículos) envolvidos por uma bainha de tecido conectivo, o epimísio. Cada fascículo é envolto por uma bainha, o perimísio, e dentro de cada fascículo, as fibras musculares individuais são envoltas pelo endomísio. Cada fibra muscular apresenta muitos núcleos, mitocôndrias e outras organelas, observadas aqui e na *Figura 9.3*.

um contendo um feixe de fibras musculares, denominado **fascículo** (*fasciculus*, feixe). Além de fibras colágenas e elásticas, o perimísio contém numerosos vasos sangüíneos e nervos que se ramificam para suprir cada fascículo individualmente.

- O **endomísio** (*endo*, dentro) envolve cada fibra muscular esquelética, conecta as fibras umas às outras e sustenta os capilares que suprem as fibras individuais. O endomísio consiste em uma delicada rede de fibras reticulares. **Células musculares satélites** encontram-se dispersas entre o endomísio e as fibras musculares. Essas células atuam na reparação do tecido muscular danificado.

Tendões e aponeuroses As fibras de tecido conectivo do endomísio e do perimísio são entrelaçadas, e aquelas do perimísio misturam-se ao epimísio. Em cada uma das extremidades do músculo, as fibras do epimísio, perimísio e endomísio geralmente convergem para formar um **tendão** fibroso que fixa o músculo ao osso, pele ou outro músculo. Os tendões freqüentemente assemelham-se a espessos cordões ou cabos. As estruturas de fixação em forma de lâminas planas e espessas são denominadas **aponeuroses**. As características estruturais dos tendões e das aponeuroses foram analisadas no Capítulo 3. ∞ págs. 65-68

As fibras dos tendões estão inseridas no periósteo e na matriz do osso associado. Este entrelaçamento garante uma ligação extremamente forte, e qualquer contração muscular exerce uma tração sobre o osso em que se insere.

Nervos e vasos sangüíneos [Figura 9.2]

Os tecidos conectivos do epimísio, perimísio e endomísio contêm vasos sangüíneos e nervos que suprem as fibras musculares. Os músculos esqueléticos são em geral referidos como *músculos voluntários* porque suas contrações podem ser controladas conscientemente. Este controle é provido pelo sistema nervoso. Nervos, que são feixes de axônios, penetram o epimísio, ramificam-se no perimísio e invadem o endomísio para suprir as fibras musculares individualmente. A comunicação química entre uma terminação sináptica neuronal e a fibra muscular esquelética ocorre em um local denominado **sinapse neuromuscular** ou *junção neuromuscular* (*mioneural*). Algumas sinapses neuromusculares são mostradas na Figura 9.2. Cada fibra muscular apresenta uma sinapse neuromuscular, geralmente localizada na metade do seu comprimento. Em uma sinapse neuromuscular, a terminação sináptica neuronal está junto à *placa motora terminal* da fibra muscular esquelética. A placa motora terminal é uma região especializada da membrana da célula muscular, fazendo parte da sinapse neuromuscular. (Posteriormente será considerada a estrutura da placa motora terminal e sua função na comunicação nervo-músculo.)

Nota clínica

Fibromialgia e síndrome da fadiga crônica A **fibromialgia** (*algia*, dor) é uma doença que foi oficialmente reconhecida apenas em meados da década de 1980. Embora descrita pela primeira vez no início do século XIX, esta alteração é bastante controversa, pois seus sintomas não podem ser atribuídos categoricamente a alterações anatômicas ou fisiológicas. No entanto, os médicos agora reconhecem um padrão característico de sintomas com os critérios diagnósticos de dor muscular generalizada, persistindo por três meses ou mais, e sensibilidade dolorosa em 11 ou mais pontos dentre 18 pontos sensíveis específicos. Alterações do sono, depressão, síndrome do intestino irritável também ocorrem concomitantemente à fibromialgia.

A fibromialgia pode ser a alteração musculoesquelética mais comum entre mulheres abaixo dos 40 anos; 3 a 6 milhões de indivíduos nos Estados Unidos podem sofrer dessa moléstia. Os quatro principais pontos dolorosos são (1) a superfície medial do joelho, (2) a área distal ao epicôndilo lateral do úmero, (3) a área próxima à crista occipital externa no crânio e (4) a junção entre a segunda costela e sua cartilagem costal. Um critério clínico adicional é que as dores e a rigidez muscular não podem ser explicadas por outros mecanismos.

A maioria dos sintomas descritos poderia ser atribuída a outros problemas. A depressão crônica, por exemplo, pode por si só levar à fadiga e à baixa qualidade do sono. Por isso, o padrão dos pontos dolorosos é a chave para o diagnóstico da fibromialgia. Este sintoma diferencia a fibromialgia da **síndrome da fadiga crônica (SFC).** Os sintomas atualmente aceitos como indicativos da SFC incluem (1) início repentino, geralmente após uma infecção viral, (2) fadiga incapacitante, (3) fraqueza muscular e dor, (4) distúrbio do sono, (5) febre e (6) aumento dos linfonodos cervicais. A SFC incide de aproximadamente duas vezes mais em mulheres do que em homens.

Tentativas de se relacionar a fibromialgia ou a SFC a infecções virais, à disfunção das glândulas supra-renais ou a traumas físicos ou psicológicos não foram bem-sucedidas, e as causas permanecem desconhecidas. Para as duas patologias, o tratamento limita-se ao alívio dos sintomas, quando possível. Antiinflamatórios podem ajudar a aliviar a dor, medicação antidepressiva pode melhorar a qualidade do sono e diminuir a depressão, e programas de atividade física podem auxiliar na manutenção de um padrão normal de movimentos. Assegurar que a fibromialgia não é progressiva, incapacitante nem impõe risco à vida pode ser de grande ajuda aos portadores.

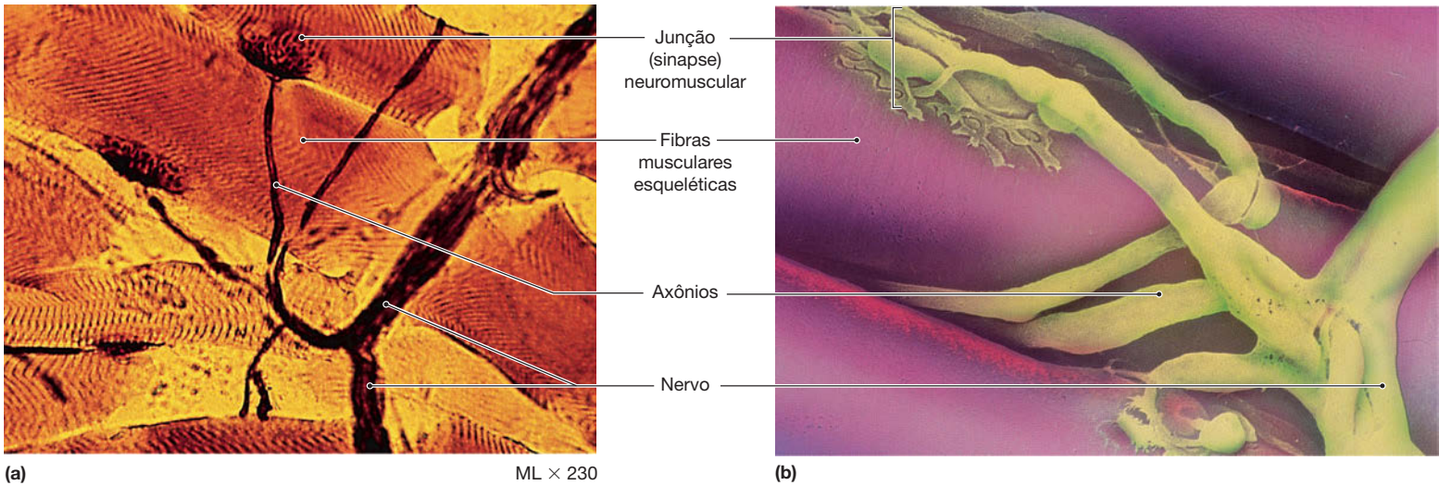


Figura 9.2 Inervação do músculo estriado esquelético.
Cada fibra muscular esquelética é estimulada por uma fibra nervosa na sinapse neuromuscular. **(a)** Diversas sinapses neuromusculares são observadas nas fibras musculares deste fascículo. **(b)** MEV colorida de uma sinapse neuromuscular.

A contração muscular exige uma enorme quantidade de energia, e um extenso suprimento vascular oferece o oxigênio e os nutrientes necessários para produção de ATP em músculos esqueléticos ativos. Esses vasos sangüíneos freqüentemente penetram no músculo ao lado dos nervos associados, e vasos e nervos seguem, assim, o mesmo padrão de ramificação através do perimísio. Uma vez no interior do endomísio, as artérias suprem uma extensa rede capilar ao redor de cada fibra muscular. Como estes vasos capilares apresentam-se mais enovelados, são capazes de tolerar as modificações em comprimento da fibra muscular.

REVISÃO DOS CONCEITOS

1. Quais são os três tipos de tecido muscular e qual é a função de cada um deles?
2. O que é perimísio? Que estruturas podem ser localizadas neste tecido?
3. Descreva a diferença entre um tendão e uma aponeurose.
4. Qual é a diferença entre uma junção neuromuscular (mioneural) e uma placa motora terminal?

Veja a seção de Respostas na parte final do livro.

Anatomia microscópica das fibras musculares estriadas esqueléticas [Figuras 9.1/9.3]

A membrana celular ou **sarcolema** (*sarkos*, carne + *lemma*, casca) da fibra muscular esquelética envolve o citoplasma ou **sarcoplasma**. As fibras musculares esqueléticas diferem em vários outros aspectos da célula "típica" descrita no Capítulo 2.

- As fibras musculares esqueléticas são muito longas. Uma fibra de um músculo do membro inferior pode ter um diâmetro de 100 µm e um comprimento igual ao comprimento total do músculo (30 a 40 cm).
- As fibras musculares esqueléticas são *multinucleadas*. Durante o desenvolvimento, grupos de células embrionárias, denominadas **mioblastos**, fundem-se para criar as fibras musculares esqueléticas (Figura 9.3a). Cada núcleo em uma fibra muscular esquelética reflete a contribuição de um único mioblasto. Cada fibra muscular esquelética contém centenas de núcleos no interior do citoplasma, junto ao sarcolema (Figura 9.3b,c). Esta característica diferencia as fibras musculares esqueléticas das fibras musculares cardíacas

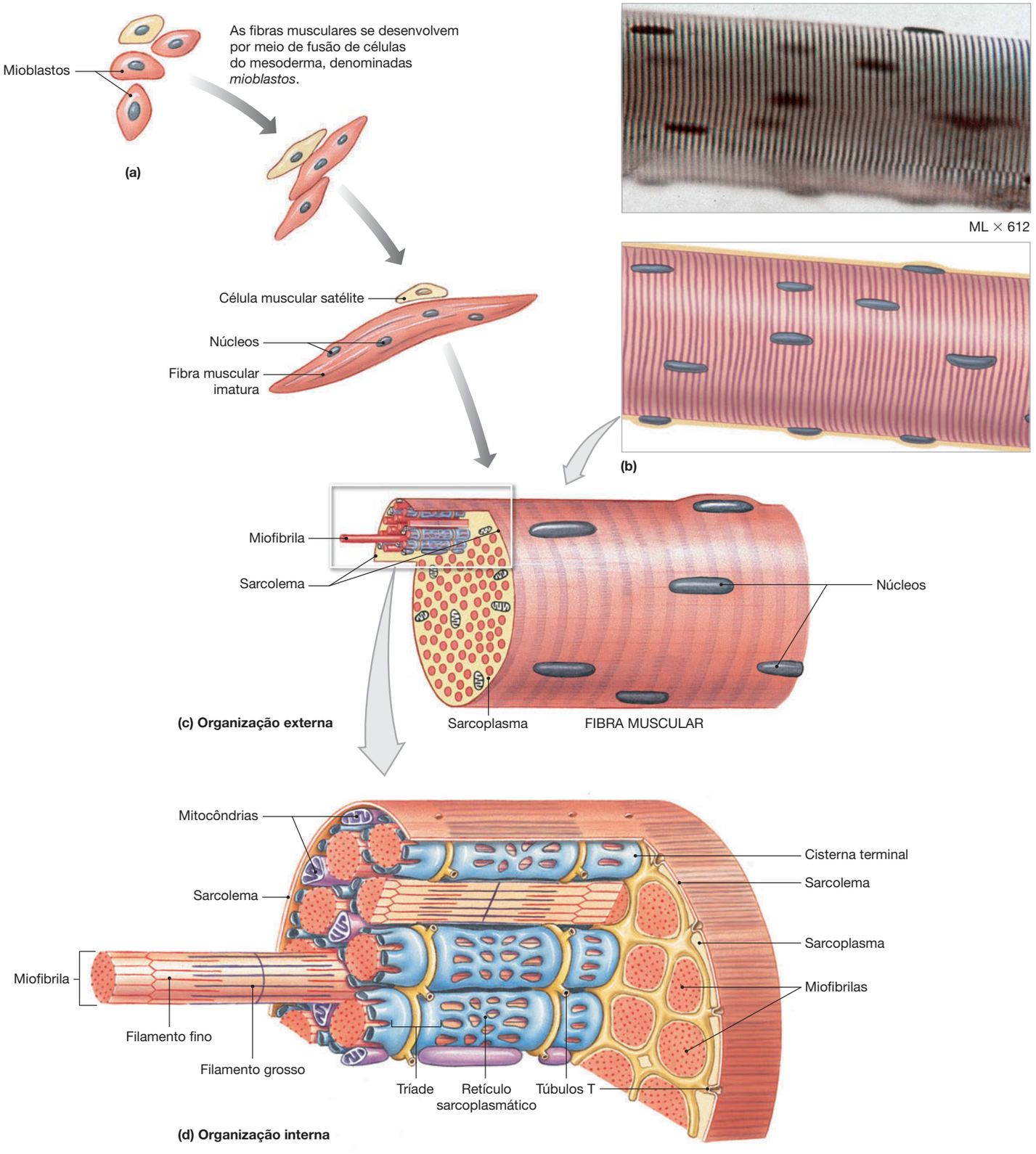
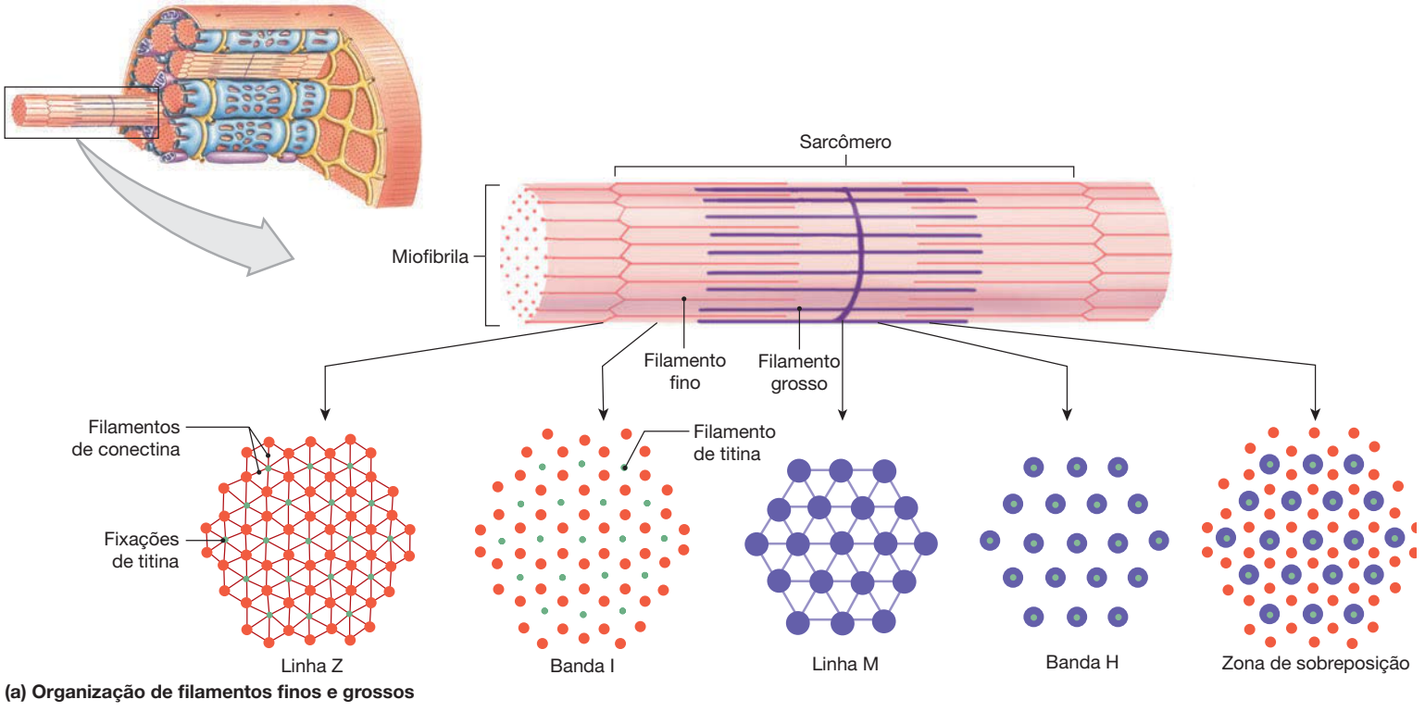
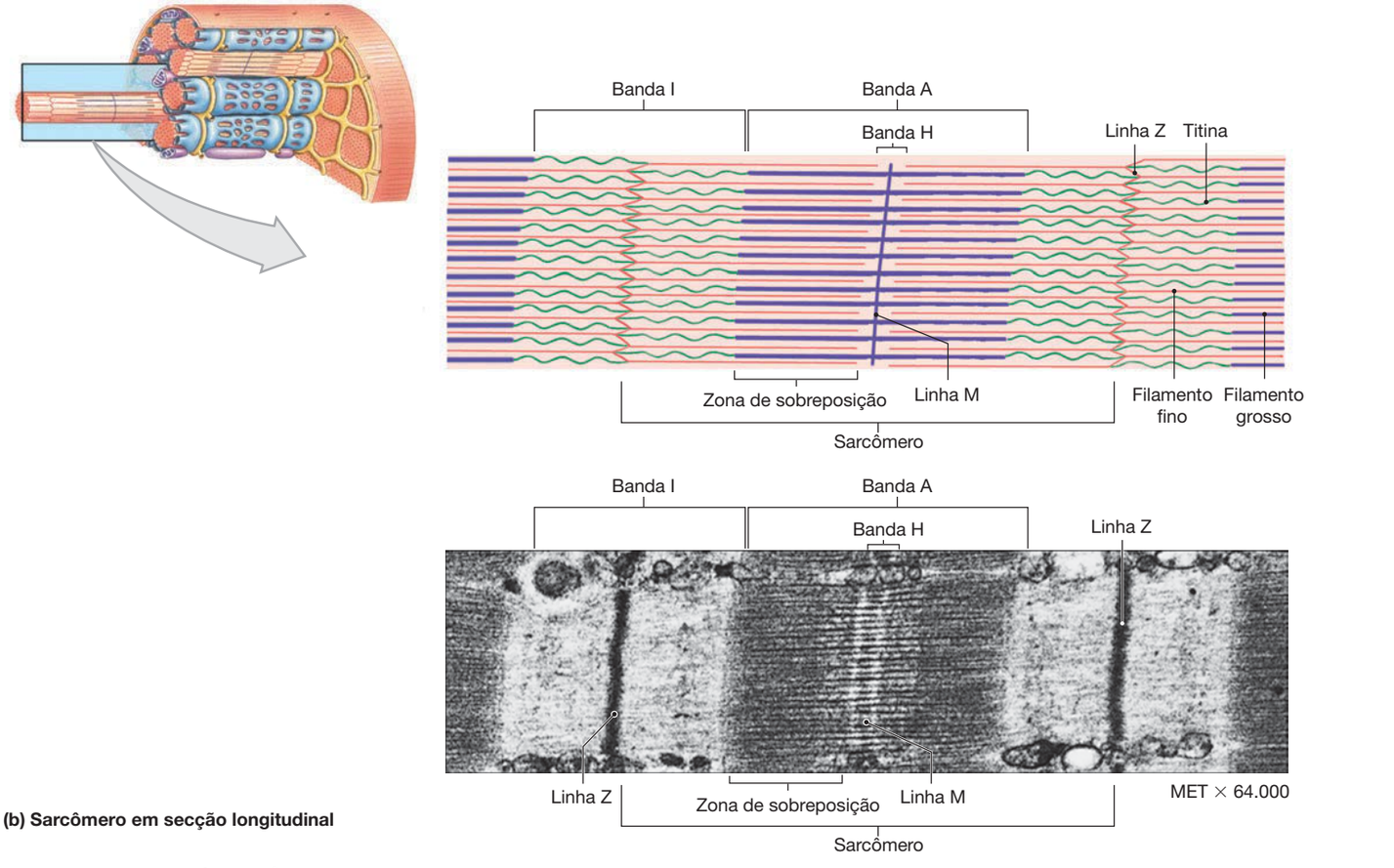


Figura 9.3 A formação e a estrutura de uma fibra muscular estriada esquelética.
(a) Desenvolvimento de uma fibra muscular esquelética. **(b)** Morfologia externa e aspecto histológico. **(c)** Organização externa de uma fibra muscular. **(d)** Organização interna. Note a relação entre miofibrilas, retículo sarcoplasmático, mitocôndrias, tríades e filamentos finos e grossos.

e das fibras musculares lisas. Alguns mioblastos não se fundem com as fibras musculares em desenvolvimento, permanecendo no tecido muscular esquelético adulto como *células musculares satélites* (**Figuras 9.1** e **9.3a**). Quando um músculo esquelético sofre uma lesão, as células musculares satélites podem se diferenciar e auxiliar na reparação e regeneração do músculo.



(a) Organização de filamentos finos e grossos



(b) Sarcômero em secção longitudinal

Figura 9.4 Estrutura do sarcômero.
(a) A disposição básica dos filamentos finos e grossos em um sarcômero e secções transversais de cada região do sarcômero. **(b)** Vista de um sarcômero em uma fibrila do músculo gastrocnêmio e um diagrama mostrando os vários componentes desse sarcômero.

- Entalhes profundos na superfície do sarcolema formam uma rede de túbulos finos que se estendem mergulhando no sarcoplasma. Impulsos elétricos conduzidos pelo sarcolema e esses **túbulos transversos**, ou **túbulos T**, ajudam a estimular e coordenar as contrações musculares.

Miofibrilas e miofilamentos [Figura 9.3c,d]

O sarcoplasma de uma fibra muscular esquelética contém de centenas a milhares de **miofibrilas**. Cada miofibrila é uma estrutura cilíndrica, com 1 a 2 µm de diâmetro, de comprimento equivalente ao da célula toda (Figura 9.3c,d). As miofibrilas podem encurtar-se: essas são as estruturas responsáveis pela contração da fibra muscular esquelética. Como as miofibrilas estão ligadas ao sarcolema em cada extremidade da célula, sua contração encurta a célula inteira.

Envolvendo cada miofibrila existe um revestimento formado por membranas de **retículo sarcoplasmático** (**RS**), um complexo de membrana semelhante ao retículo endoplasmático liso de outras células (Figura 9.3d). Esta rede de membranas, que está estreitamente associada com os túbulos transversos, tem um papel essencial no controle da contração de cada miofibrila. Em cada lado do túbulo transverso, os túbulos do RS aumentam de tamanho, fundem-se e formam câmaras expandidas chamadas de **cisternas terminais**. A combinação de duas cisternas terminais mais um túbulo transverso é conhecida como uma **tríade**. Embora as membranas da tríade estejam em estreito contato e firmemente interligadas, não existe conexão direta entre elas.

Mitocôndrias e grânulos de glicogênio encontram-se esparsos entre as miofibrilas. A quebra do glicogênio e a atividade das mitocôndrias produzem o ATP necessário para acionar a contração muscular. Uma fibra muscular esquelética típica possui centenas de mitocôndrias, mais do que qualquer outra célula do corpo.

As miofibrilas são formadas por feixes de **miofilamentos**, filamentos protéicos constituídos primariamente pelas proteínas *actina* e *miosina*. Os filamentos de actina são encontrados nos *filamentos finos*, e os filamentos de miosina são encontrados nos *filamentos grossos*. pág. 36 Os filamentos de actina e miosina estão organizados em unidades que se repetem, denominadas **sarcômeros** (*sarkos*, carne + *meros*, parte).

Organização do sarcômero [Figuras 9.2/9.3/9.4/9.5]

Os filamentos finos e grossos no interior da miofibrila estão organizados nos sarcômeros. A disposição dos filamentos finos e grossos no interior do sarcômero lhes confere um aspecto estriado. Todas as miofibrilas estão dispostas paralelamente ao maior eixo da célula, com seus sarcômeros dispostos lado a lado. Como resultado, a fibra muscular inteira adquire um aspecto estriado, que corresponde às estrias dos seus sarcômeros individuais (ver Figuras 9.2 e 9.3).

Cada miofibrila é formada por uma série linear de aproximadamente 10.000 sarcômeros. Os sarcômeros são as menores unidades funcionais da fibra muscular – as interações dos filamentos finos e grossos são responsáveis pelas contrações da fibra muscular esquelética. A Figura 9.4 representa a estrutura de um sarcômero individual. Os filamentos grossos ficam no centro do sarcômero, ligados por proteínas da **linha M**. Os filamentos finos em cada extremidade do sarcômero, ligados a uma proteína interconectante que constitui as **linhas Z**, estendem-se em direção à linha M. As linhas Z delineiam as extremidades do sarcômero. Na **zona de sobreposição**, os filamentos finos passam por entre os filamentos grossos. A Figura 9.4 a mostra secções transversais em diferentes porções do sarcômero. Note os tamanhos relativos e o arranjo dos filamentos finos e grossos na zona de sobreposição. Cada filamento fino situa-se dentro de um triângulo formado por três filamentos grossos, e cada filamento grosso é envolto por seis filamentos finos.

As diferenças de tamanho e densidade dos filamentos finos e grossos são responsáveis pelo aspecto estriado do sarcômero. A **banda A** é uma

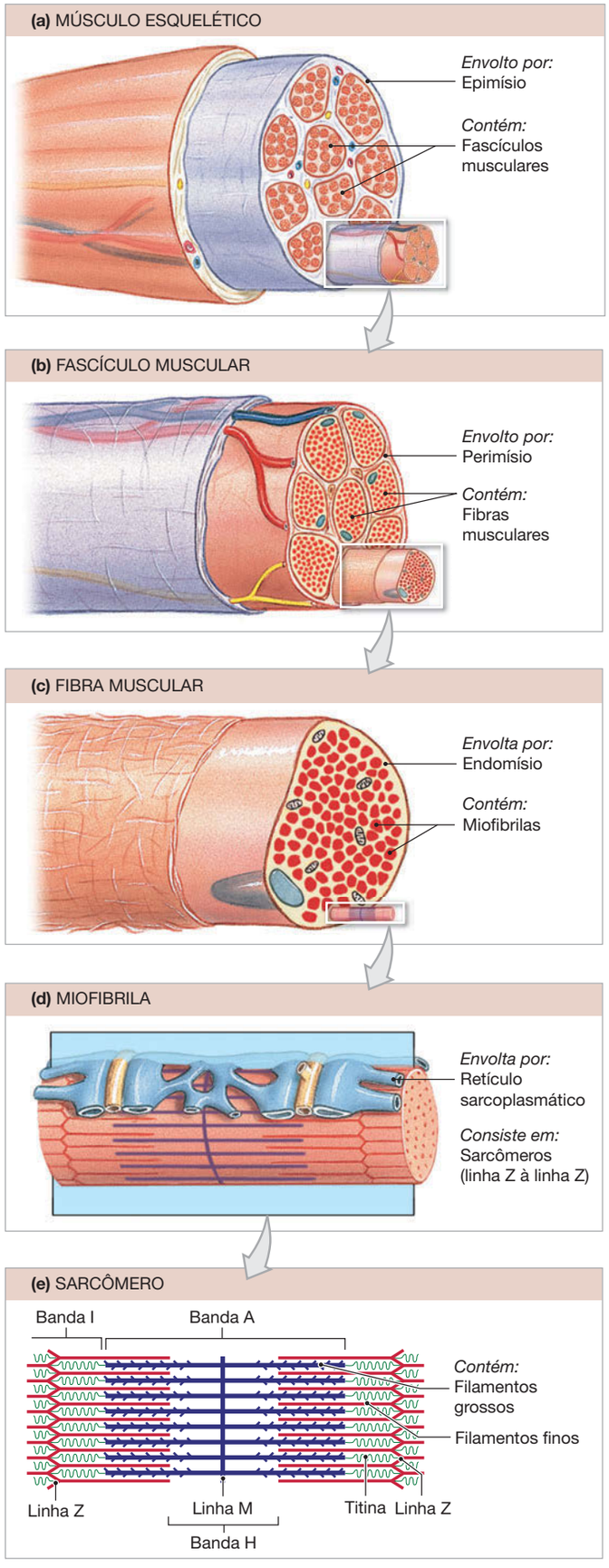


Figura 9.5 Níveis de organização funcional em uma fibra muscular estriada esquelética.

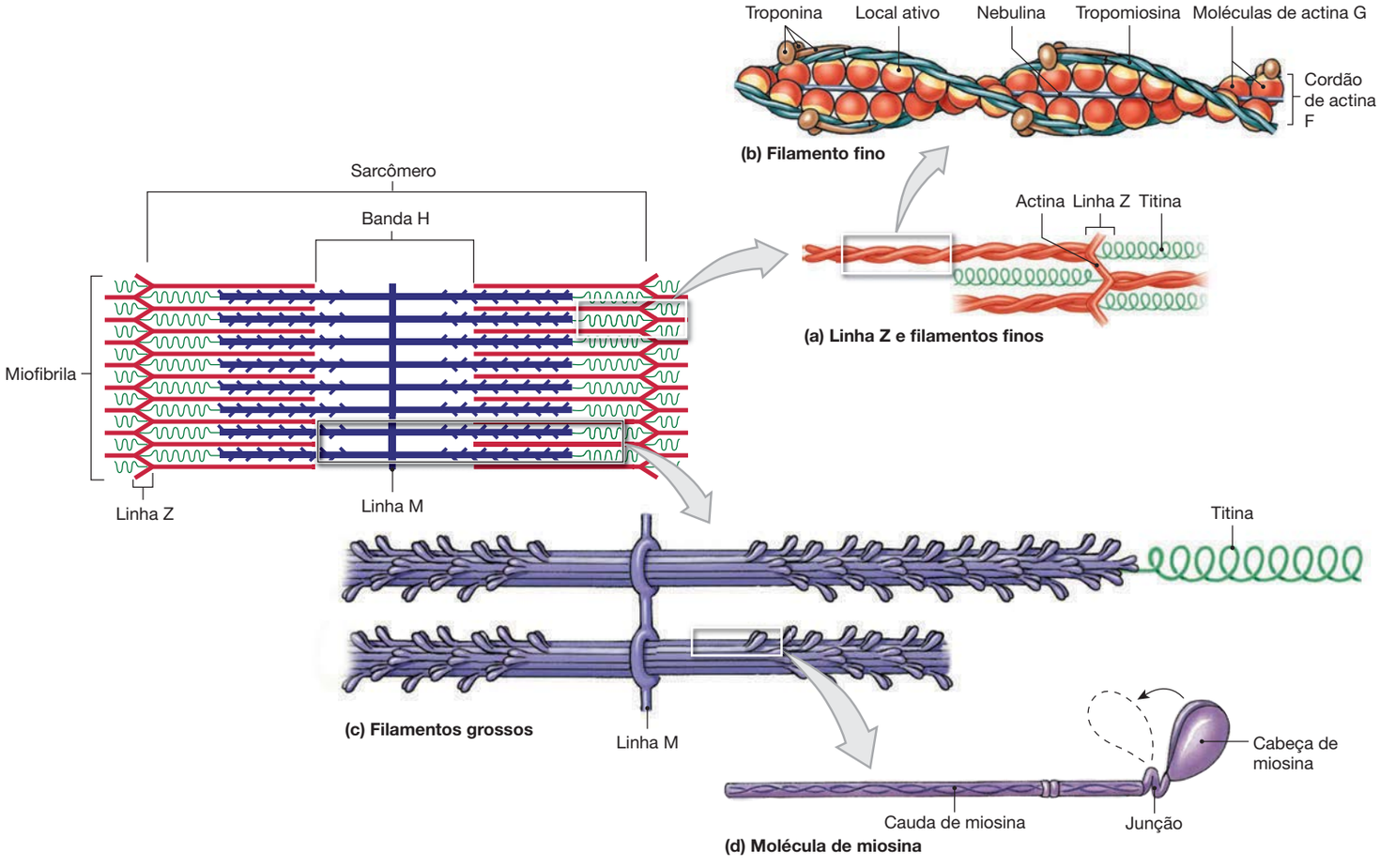


Figura 9.6 Filamentos finos e grossos.
Miofilamentos são feixes de proteínas filamentares finas e grossas. **(a)** A adesão de filamentos finos à linha Z. **(b)** Estrutura detalhada de um filamento fino mostrando a organização da actina G, troponina e tropomiosina. **(c)** A estrutura de filamentos grossos. **(d)** Uma molécula de miosina; em detalhe, a estrutura e a movimentação da cabeça de miosina após ligação de ponte cruzada.

área que contém filamentos grossos (Figura 9.4b). A banda A inclui a linha M, a **banda H** (apenas filamentos grossos) e a zona de sobreposição (filamentos finos e grossos). A região entre a banda A e a linha Z é parte da **banda I** que contém apenas filamentos finos. A partir das linhas Z, em cada extremidade do sarcômero, filamentos finos estendem-se através da zona de sobreposição em direção à linha M. As letras nos termos *banda A* e *banda I* são derivadas das palavras *anisotrópico* e *isotrópico*, que se referem ao aspecto dessas estrias quando vistas à luz polarizada. É interessante lembrar que as bandas A são escuras (*dark*) e as bandas I são claras (*light*). A Figura 9.5 mostra os níveis de organização considerados até aqui.

Filamentos finos [Figura 9.6a,b] Cada **filamento fino** consiste em um cordão trançado de 5 a 6 nm de diâmetro e 1 µm de comprimento (Figura 9.6a,b). Esse cordão, denominado **actina F**, é composto de 300 a 400 moléculas globulares de *actina G*. Um cordão delgado da proteína *nebulina* mantém unidas as cadeias de actina F. Cada molécula de actina G apresenta um local ativo, que pode ligar-se a um filamento grosso de modo muito semelhante ao que uma molécula de substrato se liga ao local ativo de uma enzima. Um filamento fino também contém proteínas associadas: a **tropomiosina** e a **troponina** (*trope*, virar). As moléculas de tropomiosina formam uma longa cadeia que recobre os locais ativos da actina G, evitando a interação actina-miosina. A troponina mantém posicionado o cordão de tropomiosina. Antes que uma contração inicie, as moléculas de troponina devem mudar de posição, movendo as moléculas de tropomiosina e expondo os locais ativos; este mecanismo será mais detalhado posteriormente.

Em cada extremidade do sarcômero, os filamentos finos encontram-se ligados à linha Z. Embora denominada *linha*, por se assemelhar a uma linha escura na superfície da miofibrila, em uma vista em secção transversal, a linha Z assemelha-se a uma rede aberta criada por proteínas denominadas *actininas*. Por esse motivo, a linha Z é freqüentemente chamada de *disco Z*.

Filamentos grossos [Figuras 9.4a/9.6c,d] Os **filamentos grossos** apresentam 10 a 12 nm de diâmetro e 1,6 µm de comprimento (Figura 9.6c). São formados por um feixe de moléculas de miosina. Cada uma das aproximadamente 500 moléculas de miosina de um filamento grosso consiste em um cordão duplo de miosina com uma *cauda* anexa alongada e uma *cabeça* globular livre (Figura 9.6d). Filamentos grossos adjacentes são interconectados em sua região média por proteínas da linha M. As moléculas de miosina são orientadas para longe da linha M, com a cabeça projetando-se para fora, em direção aos filamentos finos à sua volta. As cabeças de miosina também são conhecidas como **pontes cruzadas**, porque elas conectam os filamentos grossos aos filamentos finos durante a contração.

Cada filamento grosso tem um centro de *titina* (Figuras 9.4a e 9.6c). Em cada lado da linha M, um cordão de titina prolonga o comprimento do filamento grosso e continua além da porção miosina do filamento grosso até uma fixação na linha Z. A porção exposta do cordão de titina no interior da banda I é altamente elástica e se retrairá após o estiramento. No sarcômero normal em repouso, os cordões de titina estão completamente relaxados; eles se tornam tensos somente quando alguma força externa estira o sarcômero. Quando isso ocorre, os cordões de titina ajudam

a manter o alinhamento normal dos filamentos finos e grossos e, quando a tensão cessa, a retração das fibras de titina auxilia o retorno do sarcômero ao seu comprimento normal em repouso.

REVISÃO DOS CONCEITOS

1. Por que o músculo esquelético tem aparência estriada quando observado ao microscópio?
2. O que são miofibrilas? Onde elas são encontradas?
3. Quais são as principais proteínas que formam os miofilamentos?
4. Qual é a unidade funcional do músculo esquelético?
5. Quais são as duas proteínas que auxiliam a regulação da interação actina-miosina?

Veja a seção de Respostas na parte final do livro.

Contração muscular

Uma fibra muscular em contração exerce uma tração ou **tensão** e diminui seu comprimento. A contração da fibra muscular resulta da interação entre filamentos finos e grossos em cada sarcômero. O mecanismo da contração muscular é explicado pela *teoria do filamento deslizante*. O fator desencadeante da contração é a presença de íons cálcio (Ca^{2+}), e a contração em si exige a presença de ATP.

A teoria do filamento deslizante [Figuras 9.7/9.8]

A observação direta das fibras musculares contráteis indica que, durante uma contração, (1) as bandas H e I diminuem, (2) a zona de sobreposição aumenta e (3) as linhas Z se aproximam, mas (4) a largura da banda A permanece constante (Figura 9.7). A explicação para estas observações é conhecida como **teoria do filamento deslizante**. Essa teoria explica as alterações físicas que ocorrem entre os filamentos finos e grossos durante a contração.

O deslizamento ocorre quando as cabeças de miosina dos filamentos grossos ligam-se aos locais ativos dos filamentos finos. Quando ocorre a ligação nas pontes cruzadas, as cabeças de miosina giram em direção à linha M puxando os filamentos finos em direção ao centro do sarcômero. A ponte cruzada então se desconecta e retorna à sua posição original, pronta para repetir o ciclo "conecta, gira, desconecta e retorna". Quando os filamentos grossos puxam os filamentos finos, as linhas Z movem-se em direção à linha M e o sarcômero encurta.

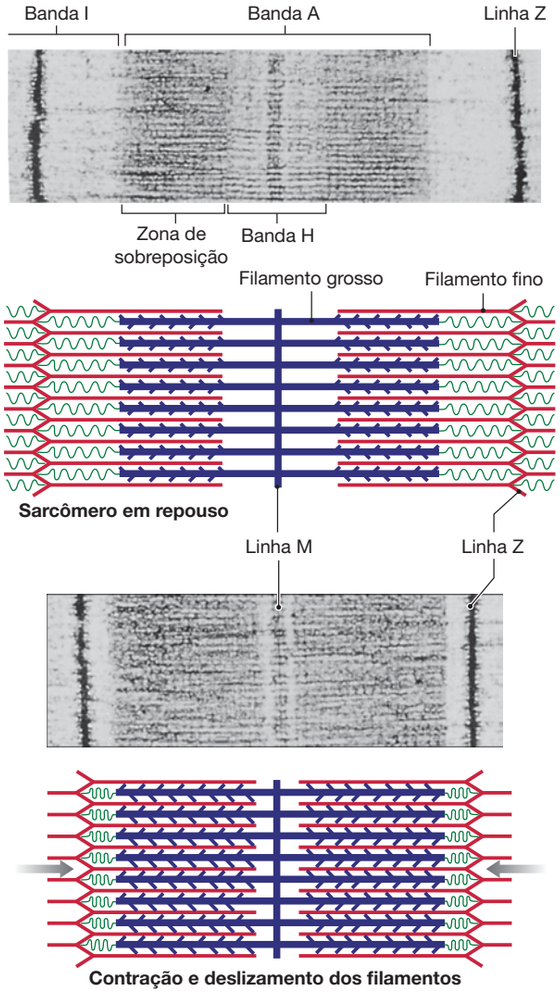


Figura 9.7 Mudanças na morfologia de um sarcômero durante a contração de uma fibra muscular estriada esquelética.
Durante a contração, a banda A permanece com a mesma espessura, mas as linhas Z se aproximam e a banda I e a banda H são reduzidas em espessura.

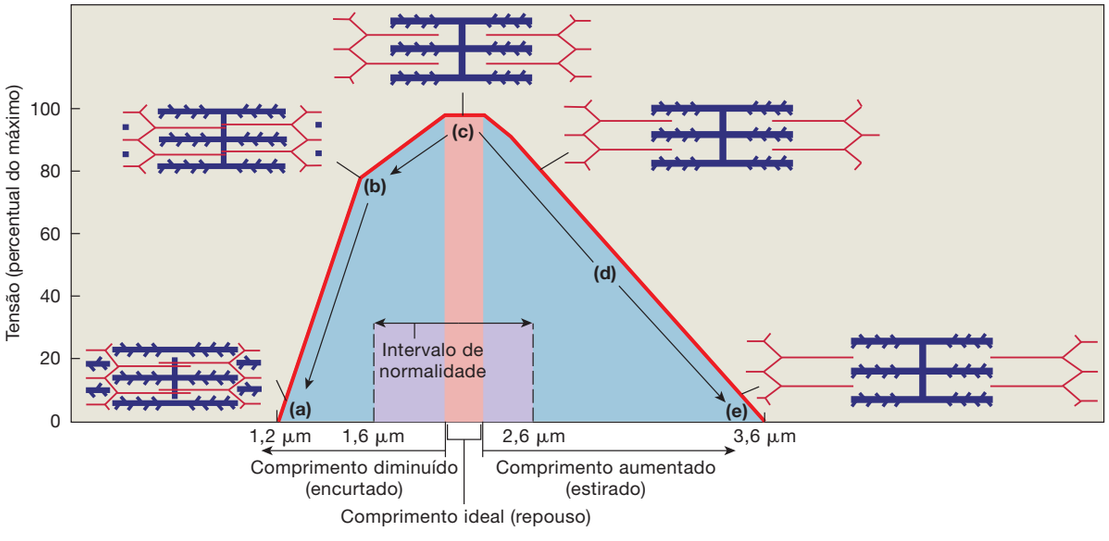


Figura 9.8 O efeito do comprimento do sarcômero na tensão muscular.
Dependendo da situação de estiramento do sarcômero (se está muito encurtado ou muito estirado), a eficiência de contração é afetada. Quando o sarcômero está encurtado, a contração não ocorre, pois **(a)** os filamentos grossos ficam em contato com as linhas Z ou **(b)** os filamentos finos sobrepõem-se, cruzando o centro do sarcômero. **(c)** A tensão produzida por uma fibra muscular esquelética em contração atinge o máximo quando a zona de sobreposição é grande, mas os filamentos finos não cruzam o centro do sarcômero. Se os sarcômeros estão muito estirados, a zona de sobreposição é reduzida **(d)** ou desaparece **(e)**, e as interações das pontes cruzadas estão reduzidas ou não ocorrem.

Imagine uma situação em que muitas pessoas estejam puxando uma corda: a quantidade de tensão produzida é proporcional ao número de pessoas envolvidas. Em uma fibra muscular, a tensão gerada em uma contração depende do número de interações de pontes cruzadas, que ocorrem nos sarcômeros das miofibrilas. Por sua vez, o número de pontes cruzadas é determinado pelo grau de sobreposição entre filamentos grossos e finos. Somente as cabeças de miosina que estão no interior da zona de sobreposição podem ligar-se a locais ativos e produzir tensão. A tensão produzida pela fibra muscular pode, assim, ser diretamente relacionada à estrutura de um sarcômero individual (**Figura 9.8**). Em comprimento ideal, a fibra muscular desenvolve tensão máxima (**Figura 9.8c**). O intervalo normal de variação de comprimento do sarcômero vai de 75 a 130% do seu comprimento ideal. Durante os movimentos normais, as fibras musculares realizam uma ampla variação, além do intervalo intermediário de variação de comprimento e, dessa forma, a tensão produzida varia a todo momento. Durante uma atividade como a deambulação, na qual os músculos se contraem e relaxam de modo cíclico, as fibras musculares são estiradas a comprimentos muito próximos do comprimento ideal antes de receberem novo estímulo para contração.

O início da contração [Figuras 9.3d/9.9]

O disparo da contração muscular é o aparecimento de íons cálcio livres no sarcoplasma. A concentração intracelular do íon cálcio é geralmente muito baixa. Na maioria das células isso se deve ao fato de que os íons cálcio que entram no citoplasma são imediatamente bombeados para o líquido extracelular através da membrana celular. Embora as fibras musculares esqueléticas bombeiem o Ca^{2+} para fora da célula por este mecanismo, elas também transportam o Ca^{2+} para o interior das cisternas terminais do retículo sarcoplasmático (**Figura 9.9**). O sarcoplasma de uma fibra muscular esquelética em repouso contém concentrações muito baixas de íons cálcio, porém a concentração de Ca^{2+} no interior das cisternas terminais pode ser até 40.000 vezes mais alta.

Estímulos elétricos na superfície do sarcolema causam uma contração pelo desencadeamento da liberação de íons cálcio a partir da cisterna terminal. A "mensagem elétrica", ou impulso, é distribuída pelos túbulos transversos que penetram profundamente no sarcoplasma da fibra muscular. Um túbulo transverso tem início no sarcolema e faz trajeto em direção ao interior da célula, perpendicularmente à superfície da membrana (**Figura 9.3d**, pág. 241). Ao longo do seu trajeto, ramificações do túbulo transverso circundam cada um dos sarcômeros individuais no limite entre a banda A e a banda I.

Quando a transmissão de um impulso elétrico ocorre em uma região próxima a um túbulo T, a cisterna terminal torna-se livremente permeável aos íons cálcio. Esses íons cálcio difundem-se para a zona de sobreposição, onde se ligam à troponina. Isso provoca uma alteração na forma da molécula de troponina e modifica a posição do cordão da tropomiosina, expondo os locais ativos nas moléculas de actina. Ocorrem então as ligações nas pontes cruzadas e a contração se inicia.

O término da contração

A duração da contração geralmente depende da duração do estímulo elétrico. A mudança na permeabilidade ao cálcio no nível da cisterna terminal é apenas temporária, de tal modo que, para que a contração continue, impulsos elétricos adicionais precisam ser conduzidos ao longo dos túbulos T. Se o estímulo elétrico cessar, o retículo sarcoplasmático irá recapturar íons cálcio, o complexo troponina-tropomiosina recobrirá os locais ativos e a contração terminará.

A ligação e quebra do ATP é o dispositivo que aciona a cabeça de miosina, preparando-a para ligar-se ao local ativo na actina. Uma vez que a ponte cruzada tenha se formado, a cabeça de miosina gira e puxa o filamento fino em direção ao centro do sarcômero. Neste momento, outro ATP deve ligar-se à cabeça de miosina antes que ela se desconecte e se prepare para um novo ciclo. Desse modo, mesmo que haja estimulação permanente, as fibras musculares por fim param de se contrair uma vez tendo consumido todo o ATP disponível. Cada cabeça de miosina pode realizar este ciclo cinco vezes por segundo, e existem centenas de cabeças de miosina em cada filamento grosso, centenas de filamentos grossos no sarcômero, milhares de sarcômeros em uma miofibrila e centenas de milhares de miofibrilas em cada fibra muscular. Em outras palavras: a contração de uma fibra muscular consome enormes quantidades de ATP!

Embora a contração muscular seja um processo ativo, o retorno à posição de repouso é inteiramente passivo. Os músculos não têm a capacidade de "empurrar"; eles só podem "puxar". Fatores que auxiliam o retorno de um músculo contraído ao seu comprimento normal de repouso incluem forças elásticas (como a retração das fibras elásticas no epimísio, perimísio e endomísio), a tração de outros músculos e a ação da gravidade.

O controle neural da contração da fibra muscular [Figuras 9.2/9.10]

A seqüência básica dos eventos neste processo pode ser resumida como segue:

1. Substâncias químicas liberadas pelo neurônio motor na sinapse neuromuscular alteram o potencial transmembrana do sarcolema. Essa alteração dissemina-se rapidamente ao longo da superfície do sarcolema e atinge os túbulos transversos.
2. As alterações no potencial transmembrana dos túbulos T desencadeiam a liberação de íons cálcio pelo retículo sarcoplasmático. Essa liberação inicia a contração, conforme detalhado anteriormente.

Cada fibra muscular esquelética é controlada por um *neurônio motor* cujo corpo celular está localizado no interior do sistema nervoso central. ∞ pág. 77 O axônio desse neurônio motor se estende em direção a regiões periféricas para atingir a sinapse neuromuscular de uma determinada fibra muscular. A aparência geral da sinapse neuromuscular é mostrada na **Figura 9.2**, pág. 240. A **Figura 9.10** apresenta mais detalhes. A terminação expandida do axônio na sinapse neuromuscular é chamada de **terminação sináptica**. O citoplasma da terminação sináptica contém numerosas mitocôndrias e pequenas vesículas secretoras denominadas **vesículas sinápticas**, que são preenchidas por moléculas de **acetilcolina** (**ACh**).

A acetilcolina é um exemplo de *neurotransmissor*, uma substância química liberada por um neurônio que se comunica com outra célula. Essa comunicação assume a forma de uma alteração no potencial trans-

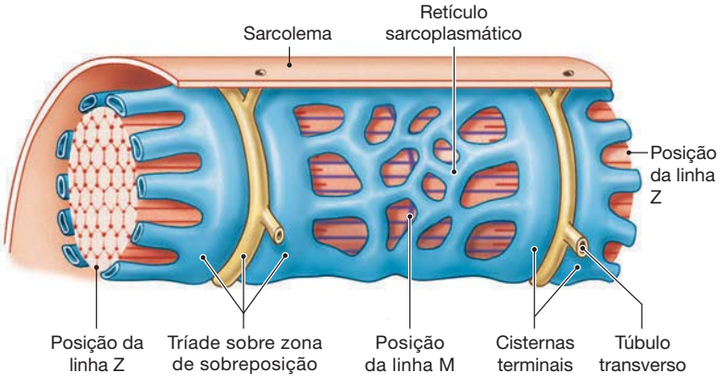


Figura 9.9 Orientação do retículo sarcoplasmático, túbulos T e sarcômeros individuais.
Uma tríade ocorre onde o túbulo T envolve um sarcômero entre duas cisternas terminais. Compare com a *Figura 9.3d*; observe que as tríades ocorrem na zona de sobreposição.

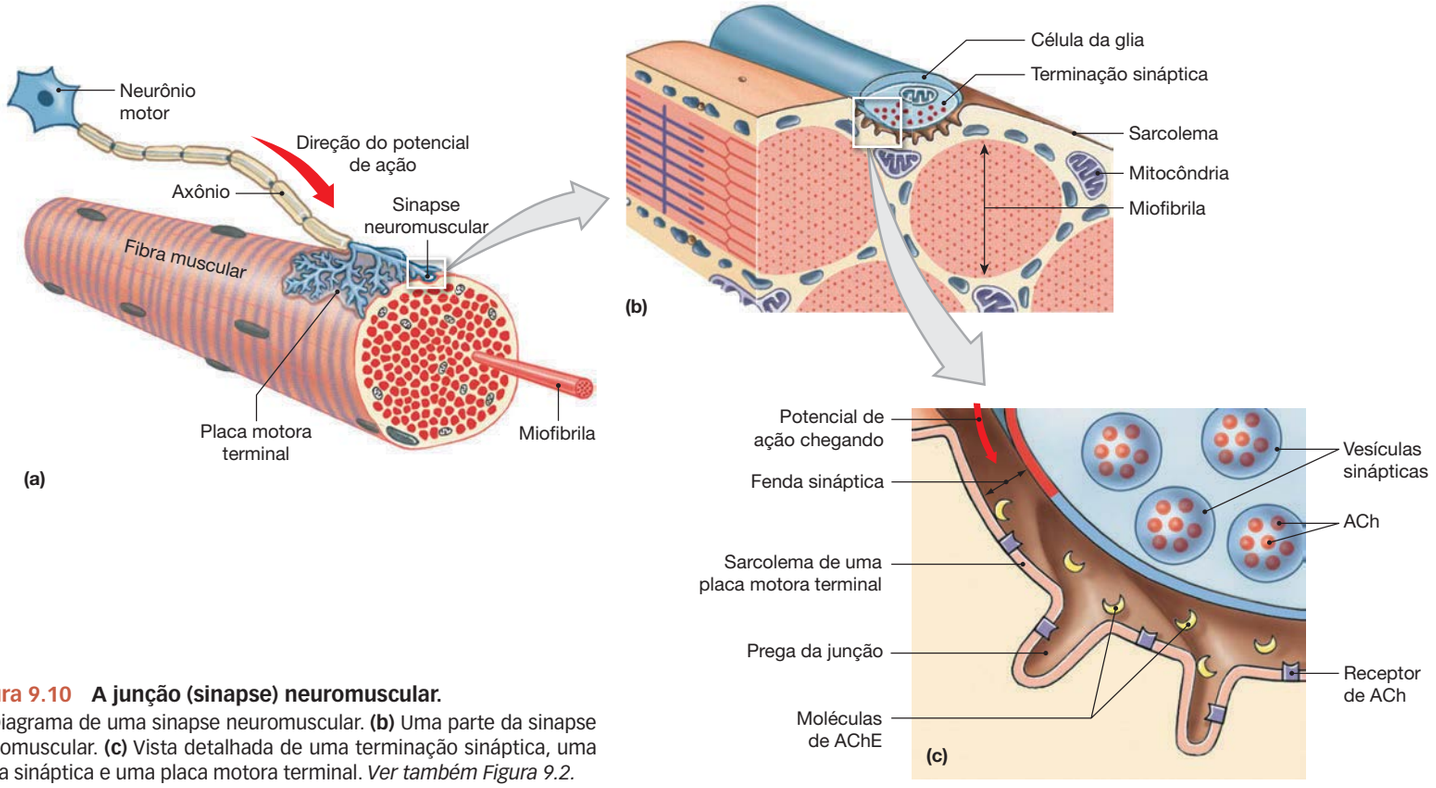


Figura 9.10 A junção (sinapse) neuromuscular.
(a) Diagrama de uma sinapse neuromuscular. **(b)** Uma parte da sinapse neuromuscular. **(c)** Vista detalhada de uma terminação sináptica, uma fenda sináptica e uma placa motora terminal. *Ver também Figura 9.2.*

membrana desta célula. Um espaço estreito, a **fenda sináptica**, separa a terminação sináptica da placa motora terminal da fibra muscular esquelética. A fenda sináptica contém a enzima **acetilcolinesterase**, ou *colinesterase (AChE)*, que quebra a molécula de ACh.

Quando o impulso elétrico atinge a terminação sináptica, a ACh é liberada na fenda sináptica. A ACh liberada então liga-se aos receptores na placa motora terminal, iniciando uma alteração no potencial transmembrana local. Essa alteração gera um impulso elétrico, ou **potencial de ação**, que se propaga sobre a superfície do sarcolema e para o interior de cada túbulo T. Potenciais de ação continuarão sendo gerados seqüencialmente até que a AChE remova a ligação ACh.

Contração muscular: resumo [Figura 9.11]

A seqüência completa dos eventos da ativação neural até que uma contração se complete está esquematizada na **Figura 9.11**.

REVISÃO DOS CONCEITOS

1. O que ocorre com as bandas A e I da miofibrila durante uma contração?
2. Liste a seqüência de atividades durante uma contração.
3. Como interagem as cisternas terminais e os túbulos transversos para provocar uma contração muscular?
4. O que é um neurotransmissor? Qual é a sua função?

Veja a seção de Respostas na parte final do livro.

Os passos principais para o início de uma contração incluem:

1. Na sinapse neuromuscular (SNM), a ACh liberada pelo terminal sináptico liga-se a receptores no sarcolema.
2. A alteração resultante no potencial transmembrana da fibra muscular produz um potencial de ação que se propaga por toda a superfície e ao longo dos túbulos T.
3. O retículo sarcoplasmático (RS) libera íons cálcio armazenados, aumentando a concentração de cálcio do sarcoplasma, no interior e ao redor dos sarcômeros.
4. Íons cálcio ligam-se à troponina, produzindo uma modificação na orientação do complexo troponina-tropomiosina que expõe os locais ativos nos filamentos finos (de actina). Pontes cruzadas de miosina formam-se quando as cabeças de miosina ligam-se aos locais ativos.
5. Ciclos repetidos de conexões das pontes cruzadas, rotação e desconexão ocorrem, potencializados pela hidrólise do ATP. Estes eventos produzem o deslizamento dos filamentos e a fibra muscular se encurta.

Este processo continua por um curto período até que:

6. A geração do potencial de ação cesse conforme a ACh é quebrada pela AChE.
7. O RS reabsorva os íons cálcio, diminuindo a concentração de cálcio no sarcoplasma.
8. Quando a aproximação da concentração de íons cálcio se aproxima dos níveis normais em repouso, o complexo troponina-tropomiosina retorne à sua posição normal. Esta mudança recobre os locais ativos e evita novas interações no nível das pontes cruzadas.
9. Sem estas interações, não ocorrem novos deslizamentos e a contração termina.
10. Ocorra o relaxamento muscular e a fibra muscular retorne passivamente ao comprimento de repouso.

Unidades motoras e controle muscular [Figura 9.12]

Todas as fibras musculares controladas por um único neurônio constituem uma **unidade motora**. Um músculo estriado esquelético típico contém milhares de fibras musculares. Embora alguns neurônios motores

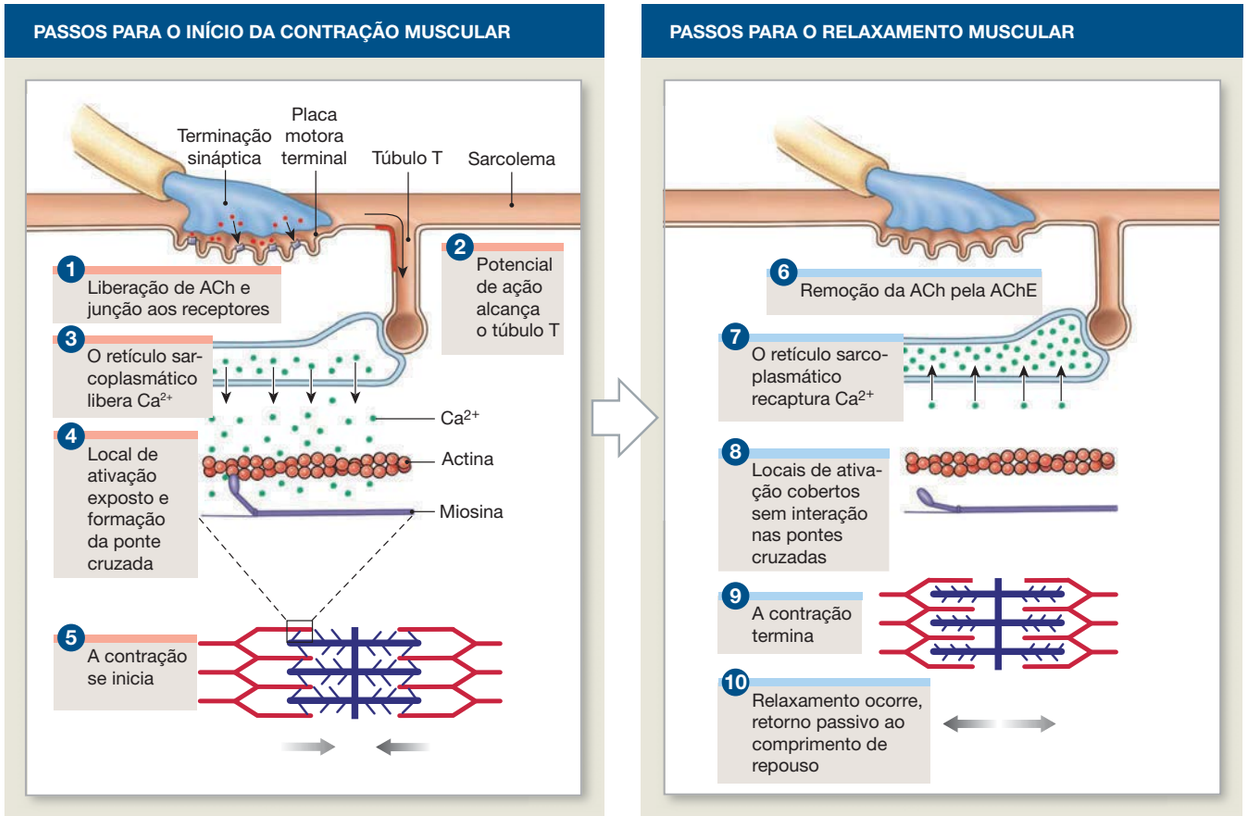


Figura 9.11 Eventos na contração muscular.
Um resumo da seqüência de eventos em uma contração muscular.

Nota clínica

Rigor mortis* (rigidez cadavérica)** Quando ocorre morte, a circulação cessa e os músculos esqueléticos ficam privados de nutrientes e de oxigênio. Em poucas horas, as fibras musculares esqueléticas esgotam o ATP, e o retículo sarcoplasmático torna-se incapaz de remover os íons cálcio do sarcoplasma. Os íons cálcio, difundindo-se do líquido extracelular para o sarcoplasma ou extravasando do retículo sarcoplasmático, desencadeiam uma contração sustentada. Sem ATP, as pontes cruzadas não podem desconectar-se dos locais ativos, e ocorre a paralisia do músculo em posição de contração. Este processo ocorre em todos os músculos esqueléticos do corpo e o indivíduo torna-se "duro como uma tábua". Este estado físico, denominado ***rigor mortis (rigidez cadavérica), permanece até que as enzimas dos lisossomos liberados pela autólise destruam os miofilamentos, dentro de 15 a 25 horas depois.

controlem uma única fibra muscular, a maioria deles controla centenas de fibras. O tamanho da unidade motora é um indicativo de quão delicado pode ser o controle do movimento. Nos músculos extrínsecos do bulbo do olho, onde um controle preciso é extremamente importante, um neurônio motor controla duas ou três fibras musculares. Em músculos mais poderosos, que exigem precisão bem menor de movimento, como os músculos do membro inferior, encontram-se mais de 2.000 fibras musculares controladas por um único neurônio motor.

Um músculo esquelético se contrai quando suas unidades motoras são estimuladas. A intensidade da contração produzida depende de dois fatores: (1) freqüência do estímulo e (2) número de unidades motoras envolvidas. Uma única contração momentânea é chamada de **espasmo muscular**. Um espasmo é a resposta a um único estímulo. À medida que a velocidade de estimulação aumenta, a força contrátil produzida se eleva até um pico e mantém-se constante em níveis máximos. A maioria das contrações musculares envolve este tipo de estimulação.

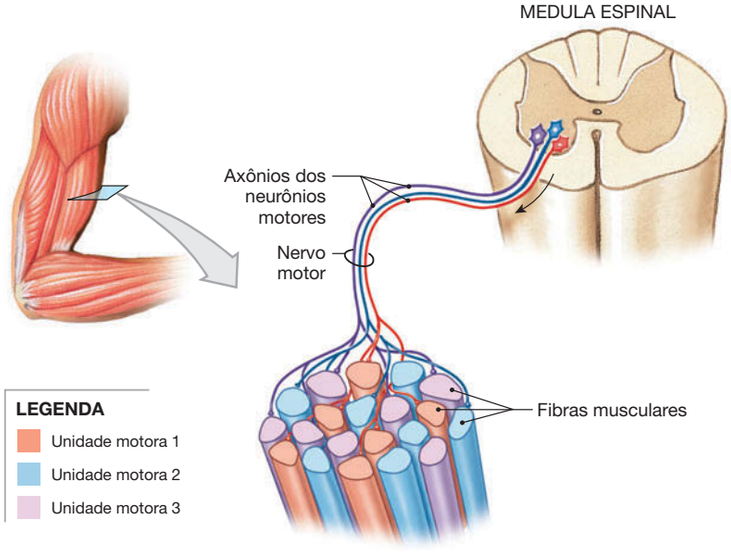


Figura 9.12 Disposição das unidades motoras em um músculo estriado esquelético.
Fibras musculares de diferentes unidades motoras são entrelaçadas e, assim, a distribuição da força aplicada aos tendões permanece constante mesmo quando os grupos musculares isolados alternam entre os estados de contração e relaxamento. O número de fibras musculares em uma unidade motora pode variar de um a mais de 2.000.

Cada fibra muscular se contrai completamente ou não se contrai. Esta característica é chamada de *princípio do tudo ou nada*. Todas as fibras em uma unidade motora se contraem ao mesmo tempo, e a intensidade da força exercida pelo músculo como um todo depende, portanto, da quantidade de unidades motoras ativadas. Variando-se o número de unidades motoras ativadas em um determinado momento, o sistema nervoso proporciona o controle preciso sobre a força contrátil exercida por um músculo.

Quando uma decisão é tomada para se executar um determinado movimento, um grupo específico de neurônios motores é ativado. Os neurônios estimulados não respondem de modo simultâneo e, ao longo do tempo, o número de unidades motoras ativadas aumenta gradualmente. A Figura 9.12 mostra como as fibras musculares de cada unidade motora são entrelaçadas com fibras de outras unidades. Por causa deste entrelaçamento, a direção da tração exercida no tendão não se altera conforme mais unidades motoras vão sendo ativadas, porém a quantidade de força aumenta constantemente. O suave, porém contínuo, aumento da força de contração produzido pelo aumento do número de unidades motoras ativadas é denominado **recrutamento** ou **acionamento de unidades motoras múltiplas adicionais**.

O pico de força ocorre quando todas as unidades motoras no músculo estão se contraindo à velocidade máxima de estimulação. Entretanto, estas contrações poderosas não podem durar muito tempo, pois as fibras musculares individuais consomem rapidamente as reservas energéticas disponíveis. Para atrasar o início da fadiga durante períodos de contração sustentada, unidades motoras são ativadas em um sistema de rodízio, de forma que enquanto algumas contraem-se ativamente, outras descansam e se recuperam.

Tono muscular

Mesmo quando um músculo esquelético encontra-se em repouso, algumas unidades motoras estão continuamente ativas. Contrações dessas unidades não produzem força suficiente para desencadear movimento, porém tensionam o músculo. Esta tensão em repouso em um músculo esquelético é denominada **tono muscular**. Unidades motoras são aleatoriamente estimuladas de forma que há uma tensão constante nos tendões fixos, porém fibras musculares individuais podem levar algum tempo para relaxar. O tono muscular em repouso estabiliza a posição dos ossos e das articulações. Por exemplo, em músculos envolvidos com equilíbrio e postura, um número suficiente de unidades motoras é estimulado para produzir a tensão necessária à manutenção da posição do corpo. Células musculares especializadas, denominadas **fusos neuromusculares**, são monitoradas por nervos sensitivos que controlam o tono muscular no tecido muscular ao seu redor. Reflexos disparados pela atividade nesses nervos sensitivos desempenham uma importante função no controle reflexo da posição e da postura, um tópico que será discutido no Capítulo 14.

Hipertrofia muscular

A atividade física aumenta a atividade de fusos neuromusculares e pode aumentar o tono muscular. Como resultado da estimulação repetida e exaustiva, as fibras musculares desenvolvem um número maior de mitocôndrias, concentrações mais elevadas de enzimas glicolíticas, além de reservas maiores de glicogênio. Essas fibras musculares apresentam mais miofibrilas, e cada miofibrila contém um número maior de filamentos grossos e finos. O efeito em rede é um aumento, ou **hipertrofia**, do músculo estimulado. A hipertrofia ocorre em músculos que foram repetidamente estimulados para produzir tensão quase máxima; as modificações intracelulares que ocorrem aumentam a tensão produzida quando esses músculos se contraem. Atletas como um campeão de levantamento de peso ou um fisiculturista são excelentes exemplos de desenvolvimento muscular hipertrófico.

Atrofia muscular

Quando um músculo esquelético não é regularmente estimulado por um neurônio motor, perde tono e massa muscular. O músculo torna-se flácido e as fibras musculares ficam menores e perdem força. A redução do tamanho, do tono e da força muscular é denominada **atrofia**. Indivíduos paraplégicos por lesões espinais ou por outro tipo de lesão do sistema nervoso gradualmente perdem tono e tamanho muscular nas áreas acometidas. Mesmo uma redução temporária da demanda de uso de um músculo pode provocar atrofia muscular; esta perda de tono e tamanho pode ser observada facilmente ao se comparar a musculatura de membros antes e depois de uma imobilização temporária com gesso. A atrofia muscular é inicialmente reversível, porém fibras musculares mortas não são repostas e, em casos de atrofia extrema, as perdas funcionais são permanentes. Esta razão explica por que a fisioterapia é fundamental para indivíduos que ficam temporariamente impedidos de realizarem movimentação normal.

Tipos de fibras musculares estriadas esqueléticas [Figura 9.13]

Os músculos esqueléticos são projetados para várias ações. Os tipos de fibras que compõem um músculo determinam, em parte, sua ação. Existem três tipos principais de fibras musculares esqueléticas no corpo: *rápidas*, *lentas* e *intermediárias*. As fibras musculares rápidas e lentas são apresentadas na Figura 9.13. As diferenças entre estes grupos refletem diferenças no modo como cada um obtém o ATP para sustentar suas contrações.

Fibras rápidas, ou *fibras brancas*, são largas em diâmetro; contêm miofibrilas intimamente agrupadas, grandes reservas de glicogênio e relativamente poucas mitocôndrias. A maioria das fibras esqueléticas no corpo é denominada fibra rápida, pois pode contrair-se em 0,01 segundo, ou menos, após estímulo. A força de tensão produzida por uma fibra muscular é diretamente proporcional ao número de sarcômeros. Assim, músculos de fibras rápidas produzem contrações potentes. Entretanto, essas contrações consomem enormes quantidades de ATP e suas mitocôndrias não são capazes de suprir a demanda. Como resultado, suas contrações são inicialmente sustentadas por *glicólise anaeróbia* (*a*, sem + *aer*, ar + *bio*, vida). Esta via de reação que não precisa de oxigênio converte glicogênio armazenado em ácido láctico. As fibras rápidas entram em exaustão em muito pouco tempo porque suas reservas de glicogênio são limitadas e também porque o ácido láctico se acumula e o pH ácido interfere no mecanismo de contração.

Fibras lentas, ou *fibras vermelhas*, apresentam metade do diâmetro das fibras rápidas e levam até três vezes mais tempo para produzir contração após estímulo. As fibras lentas são especializadas em manter a contração por períodos de tempo mais longos, muito depois de os músculos de fibra rápida já terem entrado em estado de fadiga. Os músculos de fibras lentas apresentam esta característica porque suas mitocôndrias são capazes de continuar produzindo ATP durante a contração. Conforme descrito no Capítulo 2, as mitocôndrias absorvem oxigênio e produzem ATP. A via de reação envolvida é denominada *metabolismo aeróbio*. O oxigênio necessário é obtido de duas fontes:

1. Músculos esqueléticos contendo fibras musculares lentas apresentam uma rede de capilares mais ampla em comparação com os músculos que têm predominância de fibras musculares rápidas. Isso significa que há um maior afluxo sangüíneo para a região, e os glóbulos vermelhos podem suprir as fibras musculares ativas com mais oxigênio.
2. Fibras lentas são vermelhas, pois contêm o pigmento vermelho **mioglobina**. Esta proteína globular é estruturalmente relacionada à he-

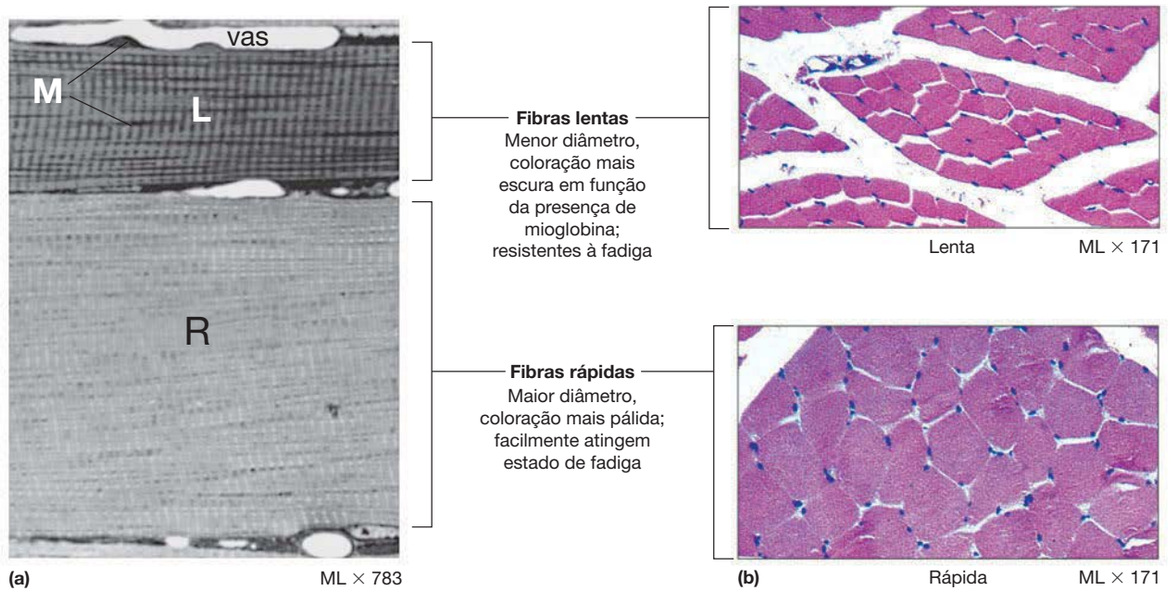


Figura 9.13 Tipos de fibras musculares estriadas esqueléticas.
Fibras rápidas estão envolvidas nas contrações rápidas; da mesma forma, fibras lentas estão envolvidas nas contrações lentas, porém prolongadas. **(a)** A fibra muscular lenta (L), relativamente mais delgada, possui mais mitocôndrias (M) e um suprimento vascular mais extenso (vas) em comparação com a fibra muscular rápida (R). **(b)** Observe a diferença no tamanho das fibras musculares lentas (acima) e das fibras musculares rápidas (abaixo).

moglobina, o pigmento de ligação com oxigênio encontrado nos glóbulos vermelhos. A mioglobina também liga-se ao oxigênio. Assim, fibras musculares lentas contêm reservas substanciais de oxigênio que podem ser mobilizadas durante a contração.

Os músculos de fibras lentas também contêm um número relativamente maior de mitocôndrias em relação aos músculos de fibras rápidas. Enquanto fibras musculares rápidas precisam contar com suas reservas de glicogênio durante seus níveis máximos de atividade, as mitocôndrias dos músculos de fibras lentas podem efetuar a quebra de carboidratos, lipídeos e mesmo de proteínas. Esses músculos podem, assim, continuar a contrair por períodos de tempo mais longos; por exemplo, fibras musculares lentas predominam nos músculos das pernas de maratonistas.

Fibras intermediárias apresentam propriedades intermediárias entre aquelas características das fibras lentas e as próprias das fibras rápidas. Por exemplo, fibras intermediárias contraem-se mais rapidamente do que as fibras lentas, porém levam mais tempo para efetuar a contração após estímulo em comparação com as fibras rápidas. Histologicamente, as fibras intermediárias são bastante semelhantes às fibras rápidas, porém apresentam mais mitocôndrias, uma rede de suprimento sangüíneo um pouco mais ampla e mais resistência à fadiga.

As propriedades dos vários tipos de músculos esqueléticos encontram-se detalhadas na Tabela 9.1.

Distribuição das fibras rápidas, lentas e intermediárias

A composição percentual de fibras rápidas, lentas e intermediárias varia de um músculo esquelético para outro no corpo. A maioria dos músculos contém uma mistura destes tipos de fibras, porém uma unidade motora é composta de fibras de um mesmo tipo. Entretanto, não há fibras musculares lentas em músculos do olho e da mão, onde contrações breves e ágeis são necessárias. Em muitos músculos do dorso e da região posterior da

TABELA 9.1 Propriedades dos tipos de fibras musculares esqueléticas

Propriedade	Lentas	Intermediárias	Rápidas
Diâmetro seccional	Pequeno	Médio	Grande
Tensão	Baixa	Média	Alta
Velocidade de contração	Lenta	Média	Rápida
Resistência à fadiga	Alta	Média	Baixa
Cor	Vermelha	Rosada	Branca
Níveis de mioglobina	Elevados	Médios	Baixos
Suprimento sangüíneo	Denso	Intermediário	Escasso
Número de mitocôndrias	Elevado	Médio	Baixo
Concentração de enzima glicolítica no sarcoplasma	Baixa	Média	Elevada
Substrato usado para produção de ATP durante a contração	Lipídeos, carboidratos, aminoácidos (aeróbio)	Principalmente carboidratos (anaeróbio)	Carboidratos (anaeróbio)
Nomenclatura alternativa	Tipo I (lenta), vermelha, OL (oxidação lenta), contração oxidativa lenta	Tipo II-A (rápida e resistente), contração oxidativa rápida	Tipo II-B (rápida), branca, contração glicolítica rápida

Nota clínica

Dor muscular de início retardado Você provavelmente já passou pela experiência de sentir dores musculares no dia seguinte a um período de exercícios físicos. Há grande controvérsia a respeito da origem e do significado dessa dor, que é conhecida como *dor muscular de início retardado* ***(DMIR)**** e que apresenta características bastante interessantes:

- A DMIR é diferente da dor experimentada imediatamente após a cessação do exercício. A dor inicial a curto prazo tem uma provável associação com eventos bioquímicos relacionados à fadiga muscular.
- A DMIR geralmente se inicia algumas horas após o término do período de exercícios e pode permanecer por três ou quatro dias.
- A intensidade da DMIR é maior quando a atividade envolve contrações excêntricas. Atividades com predomínio de contrações concêntricas ou isométricas produzem menos dor.
- Os níveis de CPK e mioglobina estão elevados no sangue, indicando dano ao sarcolema muscular. A natureza da atividade (excêntrica, concêntrica ou isométrica) não interfere nesses níveis, os quais também não podem ser utilizados para prever o grau de dor experimentado.

Três mecanismos foram propostos para explicar a DMIR:

1. Pequenas lacerações podem ocorrer no tecido muscular, lesando a membrana das fibras. O sarcolema de cada fibra muscular lesada permite a perda de enzimas, mioglobina e outras substâncias químicas que podem estimular receptores da dor em regiões adjacentes.
2. A dor pode resultar de espasmos musculares nos músculos afetados. Em alguns estudos, o alongamento dos músculos envolvidos, após o exercício, reduziu o grau de intensidade da dor.
3. A dor pode resultar de lacerações na rede de tecido conectivo e nos tendões do músculo esquelético.

Algumas evidências fundamentam cada um desses mecanismos, mas é pouco provável que qualquer um deles isoladamente explique completamente as alterações. Por exemplo, a lesão da fibra muscular é seguramente sustentada por achados bioquímicos; porém, se este fosse o único fator responsável, o tipo de atividade e o nível de enzimas intracelulares na circulação apresentariam correlação com o nível de dor experimentada, e isso não ocorre.

* N. de R.T. Na realidade, a dor atribuída ao músculo é resultado de lesões no tecido conectivo que envolve seu ventre (epimísio), seus fascículos (perimísio) e suas fibras individualmente (endomísio).

perna ("panturrilha") predominam fibras lentas; esses músculos se contraem quase que continuamente para a manutenção da postura ereta, em pé.

A relação percentual entre fibras lentas e rápidas em cada músculo é geneticamente determinada, e existem diferenças individuais significativas. Estas variações refletem na capacidade de resistência. Indivíduos com maior quantidade de fibras musculares lentas em um determinado músculo têm maior capacidade de desempenhar contrações repetidas em condições aeróbias. Por exemplo, maratonistas com maior proporção de fibras musculares lentas nos músculos dos membros inferiores apresentarão melhor desempenho do que os maratonistas com mais fibras musculares rápidas. Para períodos curtos de intensa atividade, como em uma corrida de curta distância ("*sprint*"), ou no levantamento de peso, indivíduos com maior porcentagem de fibras musculares rápidas terão a vantagem.

A característica das fibras musculares muda com o condicionamento físico. A atividade muscular intensa e repetida promove o aumento de tamanho das fibras musculares rápidas e a hipertrofia muscular. Treinamentos de resistência, como para uma maratona, aumentam a proporção de fibras intermediárias nos músculos ativos. Isso ocorre pela conversão gradual de fibras rápidas em fibras intermediárias.

Treinamentos de resistência não promovem hipertrofia, e muitos atletas treinam utilizando uma combinação entre atividades aeróbias, como a natação, e anaeróbias, como a musculação ou corrida curta. Essa combinação é conhecida como *treinamento em intervalos*, que aumenta a dimensão do músculo e melhora a força e a resistência.

REVISÃO DOS CONCEITOS

1. Por que um velocista sente fadiga muscular após alguns minutos, enquanto um maratonista pode correr por horas?
2. Que tipo de fibra muscular você esperaria que fosse predominante nos grandes músculos do membro inferior de um indivíduo que se destaca em atividades de resistência como ciclismo ou corrida de longas distâncias?
3. Por que algumas unidades motoras controlam somente poucas fibras musculares, enquanto outras controlam muitas fibras?
4. O que é recrutamento?

Veja a seção de Respostas na parte final do livro.

A organização das fibras musculares estriadas esqueléticas [Figuras 9.1/9.14]

Apesar de a maioria das fibras musculares esqueléticas se contrair em proporções comparáveis e se encurtar em graus equivalentes, variações na organização micro e macroscópica podem afetar dramaticamente a potência, a amplitude e a velocidade do movimento produzido quando um músculo se contrai.

As fibras musculares no interior de um músculo formam feixes, denominados *fascículos* (**Figura 9.1**, pág. 239). As fibras musculares de cada fascículo são dispostas paralelamente, porém a organização dos fascículos no músculo esquelético pode variar, assim como também pode variar a relação entre os fascículos e o tendão a eles associado. Quatro padrões diferentes de disposição ou organização dos fascículos produzem *músculos paralelos, músculos convergentes, músculos peniformes e músculos circulares.* A **Figura 9.14** ilustra a organização dos fascículos de fibras musculares esqueléticas.

Músculos paralelos [Figura 9.14a]

Em um **músculo paralelo**, os fascículos são dispostos paralelamente ao seu eixo longo. As características funcionais de um músculo paralelo lembram aquelas de uma fibra muscular individual. Considere o músculo esquelético mostrado na **Figura 9.14a**. Este músculo apresenta uma forte inserção, por um tendão que se estende da sua extremidade livre até um osso móvel do esqueleto. A maioria dos músculos esqueléticos do corpo são músculos paralelos. Alguns formam faixas achatadas com largas aponeuroses em cada extremidade; outros são fusiformes com tendões semelhantes a cordões em uma ou ambas as extremidades. Tal músculo apresenta um **corpo** central, também chamado de *ventre*. Quando esse músculo se contrai, ele encurta, e o diâmetro de seu corpo aumenta. O *músculo bíceps braquial* é um exemplo de um músculo paralelo com um corpo central. A saliência do músculo bíceps em contração pode ser vista na superfície anterior do braço quando o cotovelo é flexionado.

Uma célula muscular esquelética pode efetivamente contrair-se até que se encurte em cerca de 30%. Como as fibras musculares são paralelas ao eixo longo do músculo, quando se contraem em conjunto, o músculo todo se encurta na mesma proporção. Por exemplo, se o músculo esque-

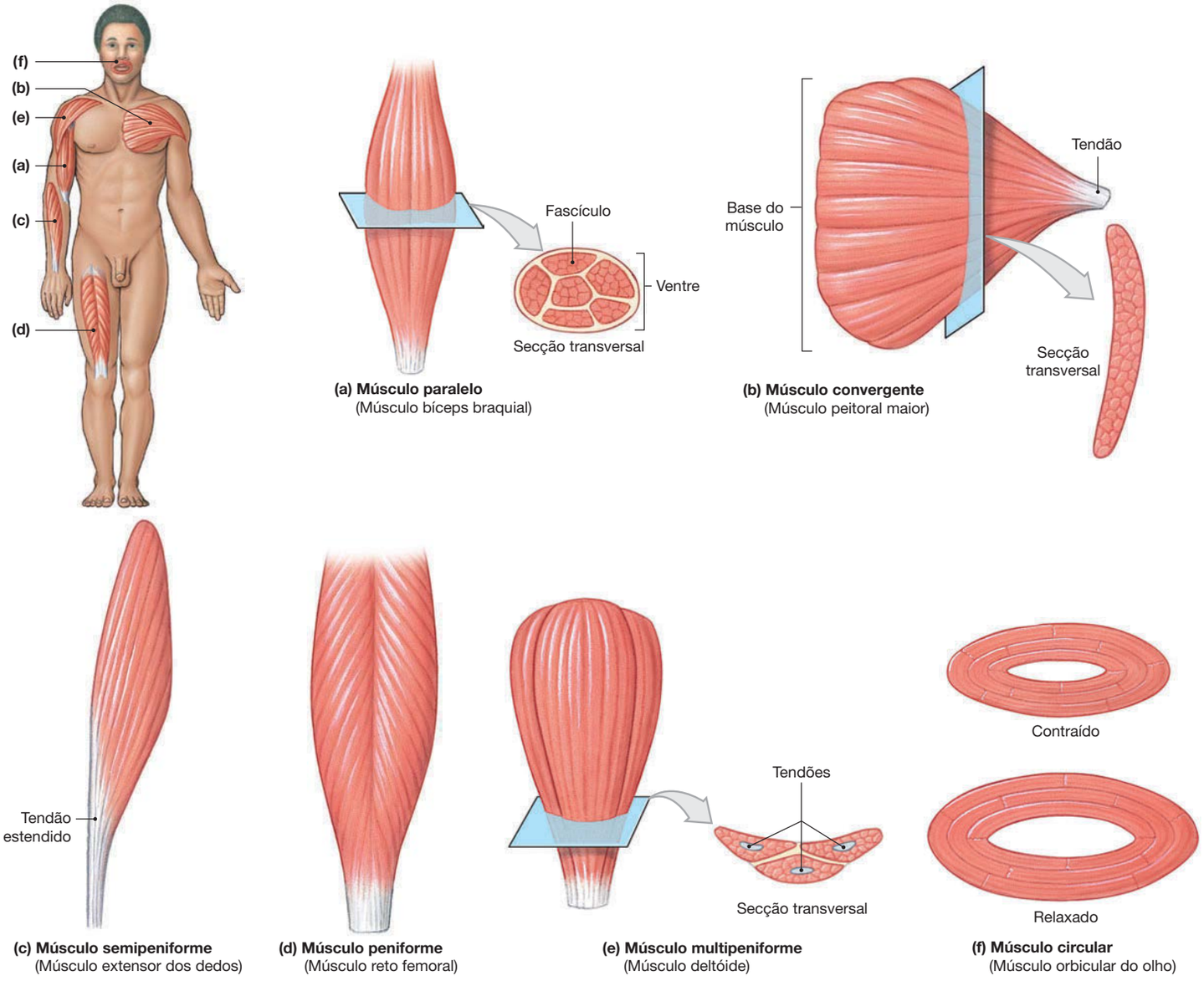


Figura 9.14 Organização das fibras musculares estriadas esqueléticas.
Quatro diferentes padrões de disposição de fibras musculares: **(a)** paralelo, **(b)** convergente, **(c, d, e)** peniforme e **(f)** circular.

lético tem 10 cm de comprimento, a extremidade do tendão será deslocada em 3 cm quando houver a contração. A força tensora desenvolvida por um músculo durante a contração depende do número de miofibrilas que ele contém. Como o número de miofibrilas é distribuído uniformemente no sarcoplasma de cada célula, a tensão pode ser estimada com base na área da secção transversal do músculo em repouso. Um músculo paralelo cuja área de secção transversal seja 6,45 cm^2 pode desenvolver uma tensão de aproximadamente 23 kg de força tensora.

Músculos convergentes [Figura 9.14b]

Em um **músculo convergente**, as fibras musculares estão dispostas sobre uma área ampla, porém todas convergem para um local de fixação comum. Elas podem tracionar um tendão, uma lâmina tendínea ou um feixe delgado de fibras colágenas denominado **rafe**. As fibras musculares muitas vezes se apresentam abertas como um leque ou em um amplo triângulo, com um tendão na extremidade, conforme evidencia a Figura 9.14b. O *músculo peitoral maior* apresenta este formato. Este tipo de músculo é versátil; a direção da tração pode ser modificada pela estimulação de apenas um grupo de células musculares de cada vez. No entanto, quando todas as fibras se contraem simultaneamente, a tração resultante sobre o tendão não é tão intensa quanto aquela exercida por um músculo paralelo de mesmo tamanho, pois as fibras musculares nos lados opostos do tendão exercem tração em diferentes direções, e não unidirecionalmente.

Músculos peniformes [Figura 9.14c-e]

Em um **músculo peniforme** (*penna*, pena), um ou mais tendões percorrem o ventre (corpo) do músculo, e os fascículos formam ângulos oblíquos em relação ao tendão. Como a tração é exercida obliquamente, a contração destes músculos não movimenta seus tendões tão amplamente quanto os músculos paralelos o fazem. No entanto, um músculo peniforme conterá mais fibras musculares do que um músculo paralelo de mesmo tamanho e, como resultado, sua contração produzirá maior força tensora do que a gerada pelo músculo paralelo de mesmo tamanho.

Quando todas as células musculares são encontradas do mesmo lado de um tendão, o músculo é **semipeniforme** (Figura 9.14c). Um músculo longo que estende os dedos, o *músculo extensor dos dedos*, é um exemplo

de músculo semipeniforme. Mais freqüentemente as fibras musculares encontram-se dos dois lados do tendão. O *músculo reto femoral*, um músculo grande da coxa, é um **músculo peniforme típico** (Figura 9.14d) que contribui para a extensão do joelho. Se o tendão se ramifica no interior do músculo, o músculo é multipeniforme (Figura 9.14e). O *músculo deltóide*, de formato triangular, que cobre a superfície da articulação do ombro é um exemplo de **músculo multipeniforme.**

Músculos circulares [Figura 9.14f]

Em um **músculo circular**, ou **esfincter**, as fibras estão dispostas concentricamente, ao redor de uma abertura ou recesso (Figura 9.14f). Quando o músculo se contrai, o diâmetro da abertura diminui. Músculos circulares controlam o acesso interno e externo nas vias de passagem como as dos tratos digestório e urinário. Um exemplo de músculo circular é o *músculo orbicular* da boca.

Terminologia muscular [Tabela 9.2]

Cada músculo "inicia-se" em uma **inserção de origem (ponto fixo)** e "termina" em uma **inserção terminal (ponto móvel)**, e contrai-se produzindo uma **ação**. Termos indicativos das ações dos músculos, de regiões específicas do corpo e de estruturas características do músculo são apresentados na Tabela 9.2.

Inserção de origem (ponto fixo) e inserção terminal (ponto móvel)

Tipicamente, a inserção de origem (ponto fixo) permanece estacionária e a inserção terminal (ponto móvel) se move, ou a inserção de origem é proximal à inserção terminal. Por exemplo, o músculo tríceps braquial se insere no olécrano e se origina mais próximo ao ombro. Estas convenções são feitas considerando-se o movimento normal, com o indivíduo em posição anatômica. O interessante, no estudo do sistema muscular, é poder executar movimentos e pensar sobre os músculos que estão envolvidos. (Discussões em laboratório sobre sistema muscular freqüentemente se assemelham a aulas pouco organizadas de aeróbica.)

Quando as inserções não podem ser determinadas facilmente com base no movimento ou na posição, outros critérios são utilizados. Se um músculo se estende entre uma larga aponeurose e um tendão estreito, a aponeurose é considerada a inserção de origem, e a inserção terminal é a região de fixação do tendão. Quando existem vários tendões em uma extremidade e somente um na outra, existirão múltiplas inserções de origem e uma única inserção terminal. Estas regras simples não abrangem todas as situações, e distinguir inserção de origem de inserção terminal é menos importante do que saber onde se fixam as duas extremidades e qual é a ação do músculo quando ele se contrai.

Ações

Quase todos os músculos estriados esqueléticos apresentam uma das inserções no esqueleto. Quando um músculo movimenta uma parte do

TABELA 9.2 Terminologia muscular

Termos indicativos de direção relativa aos eixos do corpo	Termos indicativos de regiões específicas do corpo[1]	Termos indicativos de características estruturais do músculo	Termos indicativos de ações
Anterior	Abdominal	**INSERÇÃO DE ORIGEM (ponto fixo)**	**GERAL**
Externo	Auricular	Bíceps (duas cabeças)	Abaixador
Extrínseco	Braquial (do braço)	Quadríceps (quatro cabeças)	Abdutor
Inferior	Carpal (do punho)	Tríceps (três cabeças)	Adutor
Interno	Cefálica (da cabeça)		Extensor
Intrínseco	Cervical (do pescoço)	**FORMA**	Flexor
Lateral	Clavicular	Deltóide (triângulo)	Levantador
Medial	Coccígea	Esplênio (faixa)	Pronador
Oblíquo	Costal	Orbicular (círculo)	Rotador
Posterior	Cubital (do cotovelo)	Pectíneo (pente)	Supinador
Profundo	Cutânea	Piramidal (pirâmide)	Tensor
Reto	Do hálux	Piriforme (pêra)	
Superficial	Do polegar	Platisma (plano)	**ESPECÍFICA**
Superior	Do psoas	Redondo (longo e arredondado)	Bucinador (trompetista)
Transverso	Escapular	Rombóide (rombóide)	Risório (sorriso)
	Femoral	Serrátil (serrilhado)	Sartório (costureiro)
	Ílíaca	Trapézio (trapezoidal)	
	Inguinal		
	Lingual	**OUTRAS CARACTERÍSTICAS IMPORTANTES**	
	Lombar	Alba (branca)	
	Mentual	Breve (curta)	
	Nasal	Grácil (delgado)	
	Nucal	Lata (amplo)	
	Oral	Latíssimo	
	Orbital	Longo	
	Palpebral	Longuíssimo	
	Poplítea (posterior ao joelho)	Magno (grande)	
	Radial	Maior	
	Temporal	Máximo	
	Tibial	Menor	
	Torácica	Mínimo	
	Ulnar	Tendíneo	
	Vesical	Vasto (grande)	

[1]Para outros termos regionais, consulte a Figura 1.8, pág. 14, que define pontos de referência anatômica.

esqueleto, o movimento pode envolver *abdução, adução, flexão, extensão, circundução, rotação, pronação, supinação, eversão, inversão, dorsiflexão, flexão plantar, flexão lateral, oposição, protrusão, retração, elevação e abaixamento*. Antes de prosseguir, reveja a discussão dos planos de movimento e as **Figuras 8.3** a **8.5**. ∞ **págs. 210-212**

Existem dois métodos para se descrever as ações musculares. O primeiro faz referência à região óssea afetada. Assim, diz-se que o músculo bíceps braquial realiza a "flexão do antebraço". O segundo método especifica a articulação envolvida. Assim, a ação do músculo bíceps braquial é descrita como "flexão do (ou no nível do) cotovelo". Ambos os métodos são válidos e cada um tem suas vantagens, mas utilizaremos preferencialmente o segundo quando descrevermos ações musculares nos próximos capítulos.

Os músculos podem ser agrupados de acordo com suas **ações primárias** em três tipos:

1. *Agonistas (ator ou autor principal)*: Um músculo **agonista** é o músculo cuja contração é a principal responsável por um determinado movimento, como a flexão no nível do cotovelo. O músculo bíceps braquial é um exemplo de ator principal ou agonista durante a flexão no cotovelo.
2. *Sinergistas*: Quando um músculo **sinergista** se contrai (*syn*, junto + *ergon*, trabalho), ele auxilia o músculo agonista a executar aquela ação. Os músculos sinergistas podem proporcionar tração adicional próximo à região de inserção ou estabilizar o local da inserção de origem. Sua participação em um determinado movimento pode mudar enquanto o movimento progride; em muitos casos, eles são mais solicitados no início, quando o agonista é tensionado e a intensidade de sua força é relativamente baixa. Por exemplo, o *músculo latíssimo do dorso* e o *músculo redondo maior* tracionam o braço para baixo. Com o braço elevado em direção ao teto, as fibras do músculo latíssimo do dorso estão em estiramento máximo e alinhadas paralelamente ao úmero. O músculo latíssimo do dorso não pode desenvolver muita tensão nesta posição. No entanto, pela orientação do músculo redondo maior, que tem sua inserção de origem na escápula, ele pode se contrair mais eficientemente e auxilia o músculo latíssimo do dorso a iniciar o movimento na direção inferior. A importância deste "auxiliar" diminui à medida que o movimento continua na direção inferior. Neste exemplo, o músculo latíssimo do dorso é o agonista e o músculo redondo maior é o sinergista. Os sinergistas podem também auxiliar um agonista evitando um determinado movimento indesejado em uma articulação, estabilizando, dessa forma, a inserção de origem do agonista. Esses músculos são então chamados de *fixadores*.
3. *Antagonistas*: **Antagonistas** são músculos cuja ação se opõe à ação dos músculos agonistas; se o agonista produz flexão, o antagonista produzirá extensão. Quando um agonista se contrai para produzir um determinado movimento, o antagonista se alonga, mas em geral ele não relaxa totalmente. Em vez disso, sua tensão será ajustada para controlar a velocidade e garantir a suavidade do movimento realizado pelo agonista. Por exemplo, o músculo bíceps braquial age como um agonista quando se contrai produzindo a flexão no cotovelo. O músculo tríceps braquial, localizado na superfície oposta do braço, age como um antagonista para estabilizar o movimento de flexão e para produzir a ação oposta, a extensão no cotovelo.

Nomenclatura dos músculos estriados esqueléticos [Tabela 9.2]

Não será necessário o conhecimento de cada um dos aproximadamente 700 músculos do corpo humano, mas é essencial estar familiarizado com os mais importantes. Felizmente os nomes da maioria dos músculos esqueléticos dão indicações para sua identificação (Tabela 9.2). Os músculos esqueléticos são nomeados de acordo com vários critérios, incluindo regiões específicas do corpo, orientação das fibras musculares, características específicas ou incomuns, identificação da inserção de origem e da inserção terminal e funções principais. O nome pode indicar uma região específica (o *músculo braquial*, do braço), o formato do músculo (*músculo trapézio*, *músculo piriforme*), ou uma combinação das duas características (*músculo bíceps femoral*).

Alguns nomes fazem referência à orientação das fibras musculares em um músculo determinado. Por exemplo, músculos **retos** são músculos paralelos cujas fibras geralmente encontram-se dispostas ao longo do maior eixo do corpo. Como existem vários músculos retos, em geral o nome inclui um segundo termo que faz referência à região específica do corpo. O *músculo reto do abdome* é encontrado no abdome, e o *músculo reto femoral*, na coxa. Outros indicadores direcionais incluem os termos **transverso** e **oblíquo** para músculos cujas fibras estão dispostas em ângulo oblíquo ou perpendicular ao eixo longitudinal do corpo.

Outros músculos foram nomeados em função de características específicas ou incomuns. Um músculo *bíceps* (*bi*, dois + *caput*, cabeça) tem dois tendões de origem (ponto fixo), o *tríceps* tem três e o *quadríceps*, quatro. A forma é, às vezes, um indício importante para o nome do músculo. Por exemplo, os nomes *trapézio, deltóide, rombóide e orbicular* referem-se a músculos importantes que se assemelham a um trapézio, um triângulo, um rombóide e um círculo, respectivamente. Músculos alongados recebem o termo indicativo **longo** ou **longuíssimo**; o termo **redondo** (*teres*) é utilizado para descrever músculos que são longos e arredondados. A descrição de músculos curtos utiliza o termo **breve**; a de músculos grandes usa os termos **magno** (grande), **maior** ou **máximo**; já a descrição de pequenos músculos inclui os termos **menor** ou **mínimo**.

Músculos mais próximos à superfície externa do corpo são chamados de **superficiais** ou **externos**, enquanto os mais aprofundados são denominados **internos** ou **profundos**. Músculos mais externos de um órgão e que o posicionam ou estabilizam são chamados de **extrínsecos**; aqueles que são mais internos de um órgão são chamados de músculos **intrínsecos***.

Os nomes de muitos músculos identificam suas inserções de origem (ponto fixo) e inserções terminais (ponto móvel). Nesses casos, a primeira parte do nome refere-se à inserção de origem e a segunda, à inserção terminal. Por exemplo, o *músculo genioglosso* tem sua inserção de origem na mandíbula (*geneion*) e sua inserção terminal na língua (*glossus*).

Nomes como *flexor, extensor, tensor* e assim por diante indicam a função primária do músculo. Estas ações são tão comuns que os nomes quase sempre incluem outros indicativos relacionados ao aspecto ou à localização do músculo. Por exemplo, o *músculo extensor radial longo do carpo* é um músculo encontrado na margem radial (lateral) do antebraço. Quando se contrai, sua função primária é a extensão no punho.

Alguns músculos levam o nome dos movimentos específicos associados a ocupações especiais ou hábitos. Por exemplo, o *músculo sartório* é ativado quando cruzamos as pernas. Antes da invenção das máquinas de costura, um costureiro sentava-se no chão com as pernas cruzadas, e o nome do músculo foi derivado da palavra latina para costureiro, *sartor*. Na face, o *músculo bucinador* comprime as bochechas como ocorre no sopro forçado com os lábios contraídos e enrugados. *Buccinator* quer dizer trompetista. Finalmente, um outro músculo facial, o *músculo risório*, foi supostamente nomeado em função da expressão de humor. No entanto, o termo latino *risor* significa sorridente, ao passo que a descrição mais apropriada para a ação seria "grimaça" (careta).

Exceto para o *platisma* e o *diafragma*, os nomes completos de todos os músculos esqueléticos incluem o termo *músculo*. Embora geralmente se utilize o nome completo do músculo, para economizar espaço e evitar confusões, usaremos apenas a porção descritiva do nome nas figuras que acompanham o texto (*tríceps braquial* ao invés de *músculo tríceps braquial*).

* N. de R.T. Geralmente o termo extrínseco se refere a músculos ou outras estruturas, como vasos sangüíneos, que não são exclusivos do órgão. Intrínseco refere-se ao que é exclusivo, próprio daquele órgão.

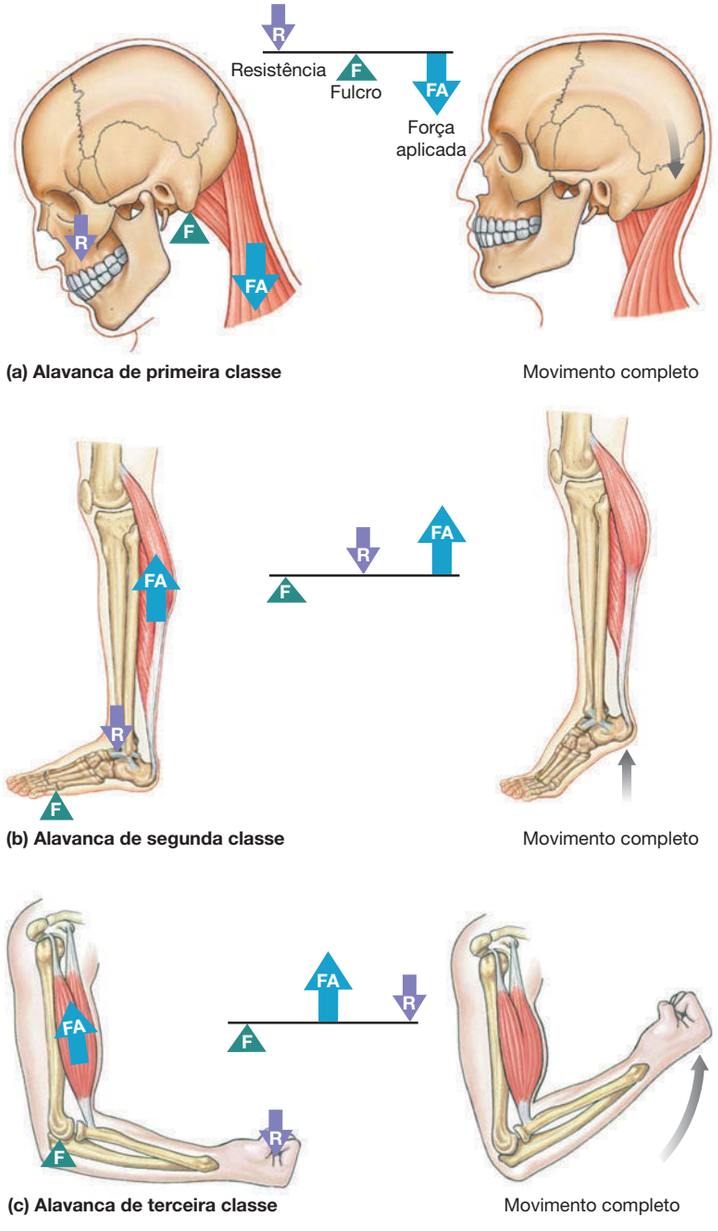


Figura 9.15 As três classes de alavancas.
Alavancas são estruturas rígidas que se movimentam em um ponto fixo denominado fulcro. **(a)** Em uma alavanca de primeira classe, o fulcro está localizado entre a força aplicada e a resistência. Essa alavanca pode modificar a quantidade de força transmitida à resistência, mudar a direção e a velocidade do movimento. **(b)** Em uma alavanca de segunda classe, a resistência está localizada entre o fulcro e a força aplicada. Esta disposição potencializa ou aumenta a força à custa da distância e da velocidade; a direção do movimento permanece inalterada. **(c)** Em uma alavanca de terceira classe, a força é aplicada entre a resistência e o fulcro. Esta disposição aumenta a velocidade e a distância, mas exige uma maior força aplicada.

Alavancas e polias: um sistema projetado para o movimento [Figuras 9.15/9.16]

Os músculos não trabalham isoladamente. Quando um músculo está ligado ao esqueleto, a natureza e o local das suas ligações vão determinar a força, a velocidade e a amplitude do movimento produzido. Estas características são interdependentes, e suas relações podem explicar em grande parte a organização geral dos sistemas muscular e esquelético.

Tipos de alavancas [Figura 9.15]

A força, velocidade ou direção do movimento produzido pela contração de um músculo pode ser modificada pela fixação do músculo a uma alavanca. A força aplicada é o esforço produzido pela contração muscular. Esse esforço é contraposto pela resistência dada pela carga ou peso. Uma **alavanca** é uma estrutura rígida – como uma prancha, um pé-de-cabra ou um osso – que se move sobre um ponto fixo denominado **fulcro**. No corpo, cada osso é uma alavanca e cada articulação é um fulcro. Uma gangorra em um parque é o exemplo mais familiar da ação de uma alavanca. As alavancas podem modificar (1) a direção de uma força aplicada, (2) a distância e a velocidade do movimento produzido por uma força e (3) a potência de uma força.

Três classes de alavancas são encontradas no corpo humano:

1. *Alavancas de primeira classe*: A gangorra é um exemplo de **alavanca de primeira classe (interfixa)** na qual o fulcro está posicionado entre a força e a resistência, como se observa na Figura 9.15a. Não há muitos exemplos de alavancas de primeira classe no corpo. Um deles envolve os músculos que fazem a extensão da cabeça e do pescoço, mostrado na Figura 9.15a.
2. *Alavancas de segunda classe*: Em uma **alavanca de segunda classe (inter-resistente)**, a resistência está localizada entre a força aplicada e o fulcro. Um exemplo familiar deste tipo de alavanca é o carrinho de mão. O peso da carga é a resistência e o levantamento dos braços do carrinho é a força aplicada. Como neste arranjo a força está sempre mais afastada do fulcro do que da resistência, uma pequena força pode equilibrar um peso maior. Em outras palavras, a força é ampliada. Note, porém, que quando uma força movimenta os braços do carrinho, a resistência se move mais lentamente e percorre uma distância menor. Existem poucos exemplos de alavancas de segunda classe no corpo. Quando fazemos uma flexão plantar, os músculos posteriores da perna ("panturrilha") agem por meio de uma alavanca de segunda classe (Figura 9.15b).
3. *Alavancas de terceira classe*: Em uma **alavanca de terceira classe (interpotente)**, a força é aplicada entre a resistência e o fulcro (Figura 9.15c). As alavancas de terceira classe são as mais comuns em nosso corpo. O efeito desta disposição é o contrário daquele obtido nas alavancas de segunda classe: a velocidade e a distância percorrida são aumentadas à custa de força. No exemplo ilustrado, a resistência (o músculo bíceps braquial que flexiona o antebraço) está seis vezes mais afastada do fulcro do que a força aplicada. O músculo bíceps braquial pode desenvolver uma força de 180 kg, que agora será reduzida de 180 kg para 30 kg. No entanto, a distância percorrida e a velocidade do movimento são *aumentadas* na mesma proporção (6:1): a resistência percorre 45 cm, enquanto o ponto de inserção só percorre 7,5 cm.

Embora nem todos os músculos trabalhem como parte do sistema de alavancas, a existência das alavancas proporciona velocidade e versatilidade, muito além do que se poderia esperar considerando-se apenas a fisiologia muscular isoladamente. As células musculares esqueléticas são muito semelhantes entre si, inclusive no que diz respeito às suas capacidades de contração e produção de força tensora. Imagine um músculo esquelético que pode contrair-se em 500 ms e encurtar 1 cm enquanto exerce uma tração de 10 kg. Sem o uso de alavanca, a ação eficiente deste músculo movimentaria um peso de 10 kg por uma distância de 1 cm. Porém, usando uma alavanca, o mesmo músculo operando com a mesma eficiência pode mover 20 kg por uma distância de 0,5 cm, 5 kg por uma distância de 2 cm, ou 1 kg por uma distância de 10 cm. Dessa forma, o sistema de alavancas produz o máximo de movimento com a maior eficiência.

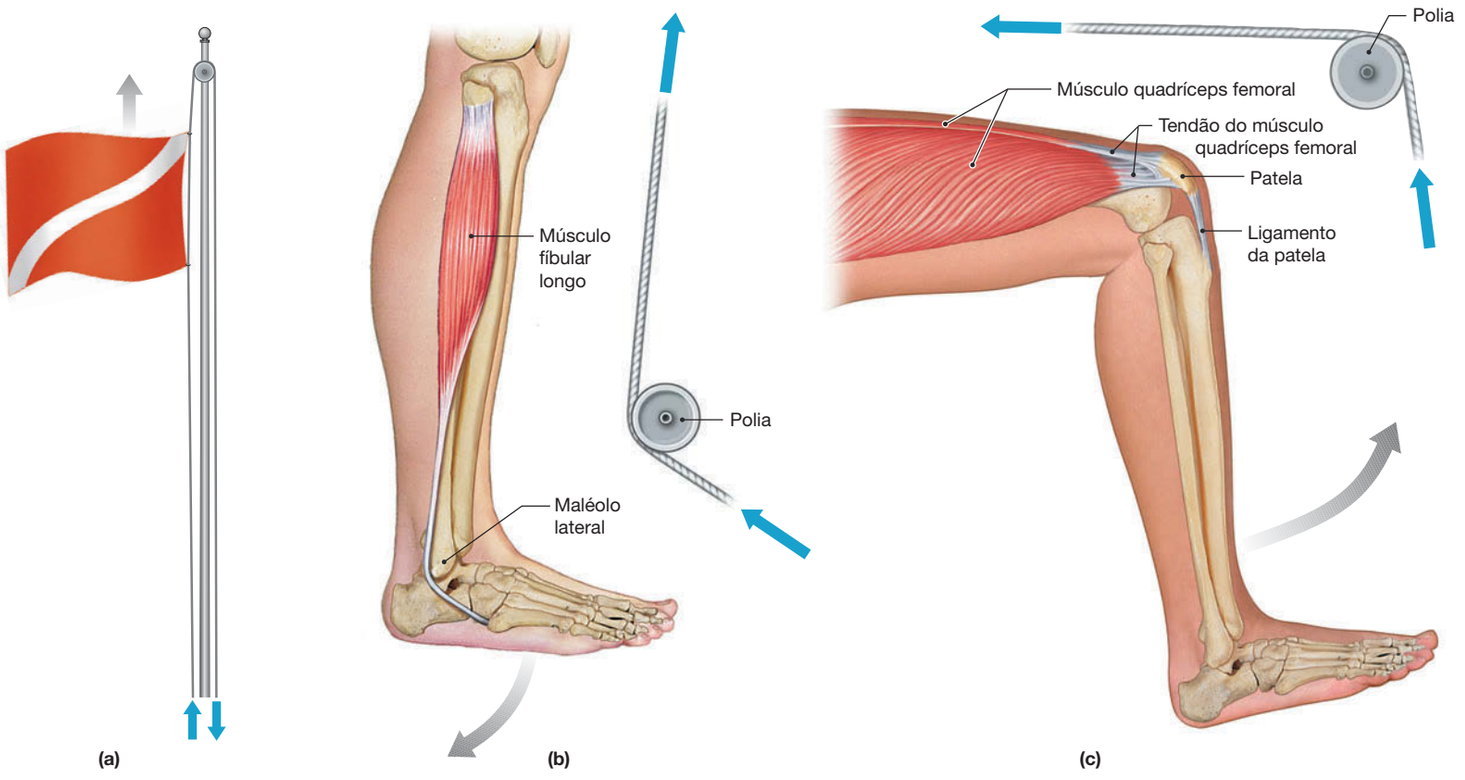


Figura 9.16 Polias anatômicas.
(a) Estruturas ósseas que modificam a direção de forças aplicadas, como polias no topo do mastro de uma bandeira, são denominadas polias anatômicas. **(b)** O maléolo lateral da fíbula atua como uma polia anatômica no funcionamento normal do músculo fibular longo durante a flexão plantar no tornozelo. **(c)** A patela atua como uma polia anatômica no movimento de extensão no joelho por meio da contração do músculo quadríceps femoral.

Polias anatômicas [Figura 9.16]

Polias mecânicas são freqüentemente usadas para mudar a direção de uma força de modo a cumprir tarefas de maneira mais fácil e eficiente. Em um veleiro, o marinheiro puxa uma corda para baixo para içar a vela. A vela sobe porque uma polia no topo do mastro muda a direção da força aplicada à corda. Do mesmo modo, uma bandeira *sobe* no mastro quando você puxa a corda *para baixo* porque o cordão passa por uma polia no topo do mastro (**Figura 9.16a**). No corpo, os tendões agem como linhas que conduzem as forças produzidas pela contração muscular. A orientação de um tendão pode ser alterada por um osso ou processo ósseo. Estas estruturas ósseas, que modificam a direção das forças aplicadas, são chamadas de **polias anatômicas**.

O maléolo lateral da fíbula é um exemplo de polia anatômica. O tendão de inserção do músculo fibular longo segue um caminho indireto, contornando a margem posterior do maléolo lateral. Este redirecionamento da força contrátil do músculo fibular longo é essencial para sua função normal: produzir a flexão plantar no tornozelo (**Figura 9.16b**).

A patela é outro exemplo de polia anatômica. O *músculo quadríceps femoral* é um grupo de quatro músculos que formam a musculatura anterior da coxa. Esses quatro músculos ligam-se à patela por meio do tendão do músculo quadríceps femoral. A patela está por sua vez ligada à tuberosidade da tíbia pelo ligamento da patela. O músculo quadríceps femoral faz a extensão da perna no joelho por este sistema de ligação dupla. Conforme ilustra a **Figura 9.16c**, a patela age como uma polia anatômica quando produz a extensão em um joelho flexionado. O tendão do músculo quadríceps femoral traciona a patela em uma direção durante o movimento, mas a direção da força aplicada à tíbia, por meio do ligamento da patela, modifica-se constantemente enquanto o movimento prossegue.

Envelhecimento e sistema muscular

Conforme o corpo envelhece, existe uma redução generalizada no tamanho e na força de todos os tecidos musculares. Os efeitos do envelhecimento no sistema muscular podem ser resumidos como segue:

1. *O diâmetro das fibras musculares estriadas esqueléticas diminui:* Esta redução de tamanho reflete primariamente uma diminuição no número de miofibrilas. Além disso, as fibras musculares contêm menor quantidade de ATP, menor reserva de glicogênio e menor quantidade de mioglobina. O efeito geral é a redução da força e resistência muscular, além de uma tendência de apresentar fadiga mais precocemente. Como o desempenho circulatório também diminui com a idade, durante a atividade física o fluxo sangüíneo para os músculos não aumenta tão rapidamente em comparação com indivíduos mais jovens.
2. *Os músculos esqueléticos tornam-se menos elásticos e diminuem de diâmetro*: Com o envelhecimento, os músculos esqueléticos produzem quantidades crescentes de tecido conectivo fibroso, um processo chamado de **fibrose**. A fibrose torna o músculo menos flexível, e as fibras colágenas podem restringir os movimentos e a circulação.
3. *A resistência à atividade física diminui*: A resistência diminuída para a atividade física resulta, em parte, da tendência a apresentar fadiga mais rapidamente e, em parte, da diminuição da capacidade de eliminar o calor gerado durante a contração muscular. ∞ págs. 105, 238
4. *A capacidade de recuperação das lesões musculares diminui*: O número de células musculares satélites diminui bastante com a idade, e a

Nota clínica

Triquinose A **triquinose** (*trichos*, cabelo + *nosos*, doença) resulta da infecção pelo parasita nematóide *Trichinella spiralis*. Os sintomas incluem diarréia, fraqueza e dor muscular. Esses sintomas são causados pela invasão do tecido muscular esquelético por larvas que criam pequenas bolsas no endomísio e no perimísio (Figura 9.17).

As larvas de *Trichinella* são comumente encontradas na carne de porcos, cavalos, cachorros e outros mamíferos. As larvas morrem com a cocção do alimento; as pessoas são geralmente infectadas ao ingerirem carne de porco infectada e mal cozida. Uma vez ingeridas, as larvas amadurecem no tubo digestório humano, onde produzem ovos. As novas gerações de larvas penetram nos sistemas linfático e circulatório e migram através dos tecidos do corpo para alcançar tecido muscular, altamente vascularizado, onde completam seu desenvolvimento. As larvas se estabelecem nos músculos esqueléticos de maior atividade metabólica e, assim, os músculos da língua, dos olhos, diafragma, do tórax e das pernas são os mais freqüentemente afetados.

A migração e o subseqüente estacionamento provocam dores generalizadas, dor muscular e articular e inchaço dos tecidos infectados. Estima-se que aproximadamente 1,5 milhão de americanos sejam portadores de *Trichinella* e que mais de 300.000 novos casos ocorram a cada ano. A taxa de mortalidade para pessoas que têm sintomas suficientemente graves para necessitar de tratamento é de cerca de 1%.

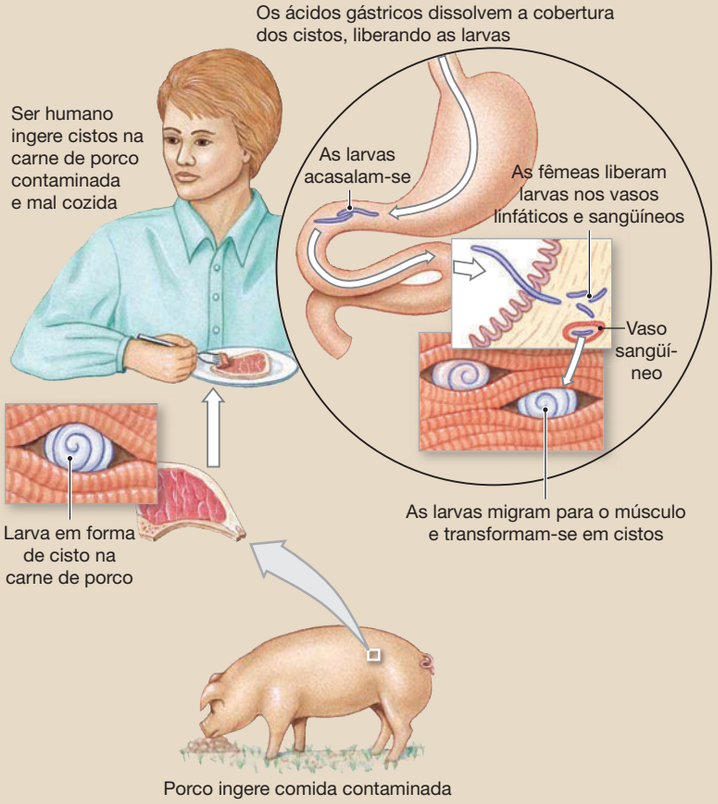


Figura 9.17 **O ciclo de vida da *Trichinella spiralis*.**

quantidade de tecido fibroso aumenta. Como resultado, quando uma lesão ocorre, a capacidade de reparação é limitada e o resultado, em geral, é a formação de tecido cicatricial.

A velocidade de declínio do desempenho muscular é a mesma em todos os indivíduos, independentemente do seu estilo de vida e padrão de realização de atividade física. Portanto, para se estar em boa forma na idade avançada, é preciso ter estado em excelente forma física na juventude. Exercícios regulares ajudam a controlar o peso, fortalecem os ossos e geralmente melhoram a qualidade de vida em qualquer idade. Exercícios de solicitação extrema não são tão importantes quanto exercícios realizados regularmente. Na realidade, exercícios pesados em idosos podem levar ao aparecimento de problemas nas articulações, nos tendões e nos ossos. Embora o exercício físico tenha efeitos evidentes na qualidade de vida, não há comprovação de que eles possam prolongar a expectativa de vida.

REVISÃO DOS CONCEITOS

1. Que informações podem ser obtidas a partir do nome atribuído ao músculo *flexor longo dos dedos*?
2. Descreva a diferença entre inserção de origem e inserção terminal de um músculo.
3. Que tipo de músculo é um sinergista?
4. Qual é a diferença entre as designações maior e menor para um músculo?

Veja a seção de Respostas na parte final do livro.

TERMOS CLÍNICOS

Distrofia muscular: Condição presente em várias doenças congênitas, caracterizada por fraqueza muscular generalizada e mais evidente nos membros superiores, cabeça e tórax; causada pela diminuição do número de receptores de ACh na placa motora terminal.

Fibrose: Um processo no qual se desenvolvem quantidades crescentes de tecido conectivo fibroso, tornando o músculo menos flexível.

Miastenia grave: Doença que produz fraqueza muscular progressiva em função da perda dos receptores de ACh na placa motora terminal.

Poliomielite: Paralisia progressiva causada pela destruição dos neurônios motores do SNC pelo vírus da poliomielite.

***Rigor mortis* (rigidez cadavérica):** Um estado que se segue à morte, no qual os músculos travam-se na posição de contração, tornando o corpo extremamente rígido.

RESUMO PARA ESTUDO

Introdução 238

1. Existem três tipos de tecido muscular: **esquelético, cardíaco** e **liso**. O sistema muscular inclui todos os tecidos musculares esqueléticos que podem ser controlados voluntariamente.

Funções do músculo estriado esquelético 238

1. Os **músculos esqueléticos** fixam-se direta ou indiretamente aos ossos e desempenham as seguintes funções: (1) produzem movimento do esqueleto, (2) mantêm a postura e a posição corporal, (3) sustentam os tecidos moles, (4) regulam a entrada e saída de materiais e (5) mantêm a temperatura corporal.

Anatomia dos músculos estriados esqueléticos 238

Anatomia macroscópica 238

1. Cada fibra muscular é envolvida por três camadas concêntricas de tecido conectivo: **epimísio**, **perimísio** e **endomísio**. Nas extremidades do músculo existem **tendões** ou **aponeuroses** que fixam o músculo a outras estruturas. (*ver Figura 9.1*)
2. A comunicação entre um neurônio e uma fibra muscular ocorre por meio da **junção (sinapse) neuromuscular** (*mioneural*). (*ver Figura 9.2*)

Anatomia microscópica das fibras musculares estriadas esqueléticas 240

3. Uma célula muscular esquelética apresenta uma membrana celular ou **sarcolema**; citoplasma ou **sarcoplasma**; e um sistema interno de membranas, ou **retículo sarcoplasmático** (**RS**), semelhante ao retículo endoplasmático das outras células. (*ver Figura 9.3*)
4. A célula muscular esquelética é grande e multinucleada. Invaginações profundas do sarcolema para o interior do sarcoplasma da célula muscular esquelética são denominadas **túbulos transversos (túbulos T)**. Os túbulos transversos conduzem o impulso elétrico que estimula a contração no interior do sarcoplasma, o qual contém numerosas **miofibrilas**. Os filamentos de proteína no interior de uma miofibrila estão organizados em unidades funcionais que se repetem, conhecidas como **sarcômeros**.
5. **Miofilamentos** formam miofibrilas que consistem em **filamentos grossos** e **filamentos finos**. (*ver Figuras 9.3 a 9.6*)

Contração muscular 245

A teoria do filamento deslizante 245

1. A **teoria do filamento deslizante** da contração muscular explica como a fibra muscular exerce uma **tensão** (tração) e encurta. (*ver Figura 9.7*)
2. Os quatro estágios do processo de contração envolvem **locais ativos** nos filamentos finos e **pontes cruzadas** dos filamentos grossos. O deslizamento envolve um ciclo "conecta, gira, desconecta e retorna" para as pontes de miosina. No repouso, as interações necessárias são impedidas pelas proteínas associadas, **troponina** e **tropomiosina**, nos filamentos finos. (*ver Figuras 9.5/9.7*)
3. A contração é um processo ativo, mas o alongamento da fibra muscular é um processo passivo que ocorre através de forças elásticas ou pelo movimento de outros músculos oponentes.
4. A intensidade de tensão produzida durante uma contração é proporcional ao grau de sobreposição entre os filamentos finos e grossos. (*ver Figura 9.8*)

O controle neural da contração da fibra muscular 246

5. O controle neural da função muscular envolve uma ligação entre a liberação de substâncias químicas pelos neurônios e a atividade elétrica no sarcolema levando ao início de uma contração.
6. Cada fibra muscular é controlada por um neurônio em uma *sinapse (junção) neuromuscular* (*mioneural*); a sinapse inclui a **terminação sináptica**, as **vesículas sinápticas** e a **fenda sináptica**. A liberação de **acetilcolina (ACh)** leva à estimulação da placa motora terminal e à geração de impulsos elétricos que se difundem pelo sarcolema. A **acetilcolinesterase (AChE)** quebra a ACh e limita a duração do estímulo. *(ver Figuras 9.2/9.10)*

Contração muscular: resumo 247

7. As fases envolvidas na contração são as seguintes: liberação de ACh das vesículas sinápticas → ligação da ACh à placa motora terminal → geração de um impulso elétrico no sarcolema → condução do impulso ao longo dos túbulos T com liberação de íons cálcio pelo RS→ exposição dos locais ativos nos filamentos finos → formação de pontes cruzadas e contração. (*ver Figura 9.11*)

Unidades motoras e controle muscular 247

1. O número e o tamanho das **unidades motoras** de um músculo indicam quão preciso é o controle de seus movimentos. (*ver Figura 9.12*)
2. Uma única e momentânea contração muscular é chamada de **espasmo muscular** e é a resposta a um único estímulo.
3. Cada fibra muscular ou se contrai completamente, ou não se contrai. Esta característica é chamada de *princípio do tudo ou nada.*

Tono muscular 249

4. Mesmo quando um músculo está em repouso, unidades motoras são estimuladas randomicamente de tal modo que uma tensão constante é mantida no tendão fixo. Essa tensão de repouso no músculo esquelético é chamada de **tono muscular**. O tono muscular de repouso estabiliza os ossos e as articulações.

Hipertrofia muscular 249

5. Estimulações excessivamente repetidas para produzir tensão quase máxima no músculo esquelético podem produzir **hipertrofia** (aumento) dos músculos estimulados.

Atrofia muscular 249

6. Estimulação inadequada para manter o tono muscular de repouso causa flacidez muscular e subseqüente **atrofia**.

Tipos de fibras musculares estriadas esqueléticas 249

1. Os três tipos de fibras musculares esqueléticas são *fibras rápidas, fibras lentas* e *fibras intermediárias. (ver Figura 9.13)*
2. **Fibras rápidas** são grandes em diâmetro; contêm miofibrilas densamente agrupadas, grandes reservas de glicogênio e relativamente poucas mitocôndrias. Elas produzem contrações rápidas e potentes, de duração relativamente curta.
3. **Fibras lentas** apresentam a metade do diâmetro das fibras rápidas e levam três vezes mais tempo para se contrair após estímulo. As fibras lentas são especializadas em manter a continuidade da contração por longos períodos.
4. **Fibras intermediárias** são muito parecidas com fibras rápidas, porém apresentam maior resistência à fadiga.

Distribuição das fibras rápidas, lentas e intermediárias 250

5. A porcentagem de fibras rápidas, lentas e intermediárias varia nos músculos esqueléticos do corpo. Os músculos contêm uma mistura dos tipos de fibras, mas, em uma unidade motora, as fibras são todas do mesmo tipo. A porcentagem de fibras rápidas e lentas em cada músculo é determinada geneticamente.

A organização das fibras musculares estriadas esqueléticas 251

1. Um músculo pode ser classificado, de acordo com a disposição das fibras e fascículos, como um *músculo paralelo, convergente, peniforme* ou *circular (esfincter)*.

Músculos paralelos 251

2. Em um **músculo paralelo**, os fascículos são paralelos ao maior eixo do músculo. No corpo, a maior parte dos músculos esqueléticos são músculos paralelos, por exemplo, o *músculo bíceps braquial. (ver Figura 9.14a)*

Músculos convergentes 252

3. Em um **músculo convergente**, as fibras musculares têm como base uma distribuição em uma área larga, mas todas convergem para um mesmo local de ligação. Os *músculos peitorais*, no tórax, são um bom exemplo deste tipo de músculo. (*ver Figura 9.14b*)

Músculos peniformes 252

4. Em um **músculo peniforme**, um ou mais tendões passam através do corpo do músculo, e os fascículos formam um ângulo oblíquo em relação ao tendão. A contração de músculos peniformes produz mais tensão do que a de músculos paralelos de mesmo tamanho. Um músculo peniforme pode ser **semipeniforme, peniforme** ou **multipeniforme.** (*ver Figura 9.14c-e*)

Músculos circulares 253

5. Em um **músculo circular (esfincter)**, as fibras são concentricamente dispostas ao redor de uma abertura ou recesso. (*ver Figura 9.14f*)

Terminologia muscular 253

Inserção de origem (ponto fixo) e inserção terminal (ponto móvel) 253

1. Cada músculo pode ser identificado por sua **inserção de origem**, **inserção terminal** e **ação** primária. Tipicamente, a *inserção de origem* permanece estacionária (fixa) e a *inserção terminal* se move, ou ainda a inserção de origem é proximal à inserção terminal. A contração muscular produz uma ação específica.

Ações 253

2. Um músculo pode ser classificado como **agonista** (**ator ou autor principal**), **sinergista** ou **antagonista.**

Nomenclatura dos músculos estriados esqueléticos 254

3. A nomenclatura dos músculos freqüentemente dá indicações sobre sua localização, orientação ou função. (*ver Tabela 9.2*)

Alavancas e polias: um sistema projetado para o movimento 255

1. Uma **alavanca** é uma estrutura rígida que se movimenta sobre um ponto fixo denominado **fulcro**. As alavancas podem mudar a direção, a velocidade ou a distância dos movimentos musculares e podem modificar a força aplicada ao movimento.

Tipos de alavancas 255

2. As alavancas podem ser classificadas em alavancas de **primeira**, **segunda** ou **terceira classe**; as alavancas de terceira classe são as mais comumente encontradas no corpo. (*ver Figura 9.15*)

Polias anatômicas 256

3. **Polias anatômicas** são estruturas ósseas que mudam a direção da força contrátil de um músculo. O maléolo lateral da fíbula e a patela são exemplos excelentes de polias anatômicas. (*ver Figura 9.16*)

Envelhecimento e sistema muscular 256

1. O processo de envelhecimento reduz o tamanho, a elasticidade e a força de todos os tecidos musculares. A tolerância ao exercício e a capacidade de reparação de lesões diminuem com o envelhecimento.

REVISÃO DO CAPÍTULO

Para respostas às questões da Revisão dos Conceitos e Revisão do Capítulo, veja a seção de Respostas na parte final do livro.

Nível 1 – Revisão de fatos e termos

1. Cada uma das alterações musculares esqueléticas a seguir é conseqüência do envelhecimento, exceto:
   (a) a diminuição do diâmetro das fibras musculares
   (b) a diminuição da elasticidade dos músculos
   (c) o aumento das reservas de glicogênio das fibras musculares
   (d) a diminuição do número de células musculares satélites

2. Locais ativos de actina ficam disponíveis para ligação quando:
   (a) o cálcio se liga à troponina
   (b) a troponina se liga à tropomiosina
   (c) o cálcio se liga à tropomiosina
   (d) a actina se liga à troponina

3. A função da sinapse neuromuscular é:
   (a) gerar novas fibras musculares se o músculo é lesado
   (b) facilitar a comunicação química entre um neurônio e uma fibra muscular
   (c) unir ramos motores de nervos de diferentes fibras musculares
   (d) oferecer retroinformação sobre a atividade muscular aos nervos sensitivos

4. O suprimento direto da energia produzida pelos músculos esqueléticos que viabiliza a sua contração é:
   (a) derivado de gordura, carboidrato e colesterol
   (b) independente do suprimento de oxigênio
   (c) ATP
   (d) infinito, enquanto a atividade muscular for necessária

5. Em um músculo peniforme, as fibras são:
   (a) dispostas em uma área ampla
   (b) dispostas concentricamente
   (c) oblíquas ao tendão
   (d) paralelas ao tendão

6. Outro nome para um músculo ator (autor) principal é:
   (a) agonista
   (b) sinergista
   (c) antagonista
   (d) nenhum dos anteriores

7. Interações entre filamentos de actina e miosina no sarcômero são responsáveis pela:
   (a) fadiga muscular
   (b) condução de informação neural para a fibra muscular
   (c) contração muscular
   (d) aparência estriada do músculo esquelético

8. A teoria que formalmente explica a contração muscular é conhecida como:
   (a) teoria da contração muscular
   (b) teoria do músculo estriado voluntário
   (c) teoria da cabeça rotatória da miosina
   (d) teoria do filamento deslizante
9. O feixe de fibras colágenas na extremidade de um músculo esquelético que liga o músculo ao osso é chamado de:
   (a) fascículo
   (b) tendão
   (c) ligamento
   (d) epimísio
10. Todas as fibras musculares controladas por um único neurônio motor constituem:
   (a) um fascículo
   (b) uma miofibrila
   (c) uma unidade motora
   (d) nenhuma das anteriores

Nível 2 – Revisão de conceitos

1. Para postergar o estado de fadiga muscular durante uma contração, as unidades motoras são ativadas:
   (a) abaixo de sua tensão máxima cada vez que se contraem
   (b) de modo gradativo
   (c) de modo rotativo
   (d) rapidamente, para completar a contração antes que apresentem fadiga
2. A capacidade de recuperação de lesões em indivíduos mais velhos diminui porque:
   (a) o número de células musculares satélites diminui com a idade
   (b) as células musculares satélites ficam menores
   (c) a quantidade de tecido fibroso do músculo aumenta
   (d) a e c estão corretas
3. Em qual das alternativas espera-se a maior relação entre número de neurônios motores e número de fibras musculares?
   (a) grandes músculos dos braços
   (b) músculos posturais do dorso
   (c) músculos que controlam o movimento dos olhos
   (d) músculos da perna
4. Se uma pessoa está fria, o melhor modo de se aquecer é a atividade física. Qual é o mecanismo deste aquecimento?
   (a) a movimentação mais rápida evita a sensação do frio porque o ar frio passa mais depressa sobre o corpo
   (b) o exercício movimenta o sangue mais rapidamente e a fricção mantém os tecidos mais aquecidos
   (c) a contração muscular usa ATP e a utilização desta energia gera calor
   (d) o movimento dos filamentos de actina e miosina durante a contração gera calor, o que ajuda a aquecer o corpo
5. Que informações podem ser extraídas dos seguintes termos atribuídos aos músculos: *reto*, *externo*, *flexor*, *trapézio*?
6. Resuma a seqüência básica que ocorre na junção (sinapse) neuromuscular.
7. Qual é o papel do tecido conectivo na organização do músculo estriado esquelético?
8. A unidade motora de um músculo esquelético contém 1.500 fibras musculares. Este músculo estaria relacionado a movimentos delicados e precisos ou a movimentos fortes e amplos? Explique.
9. Qual é a função da zona de sobreposição na produção de tensão em um músculo esquelético?

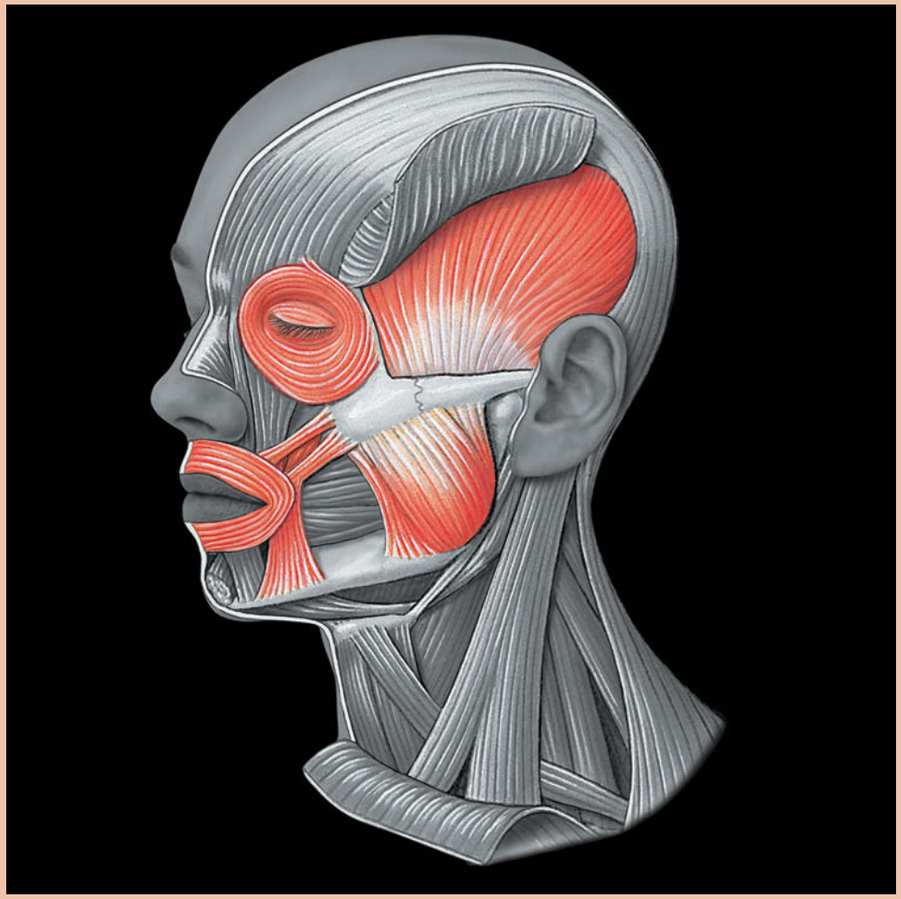
Nível 3 – Pensamento crítico

1. João quebrou a perna jogando futebol e, após seis semanas, o gesso para imobilização foi retirado. Depois disso, ao descer da maca, ele perde o equilíbrio e cai. Por quê?
2. Muitos estudantes fazem musculação e fisiculturismo. Após alguns meses eles percebem alterações físicas, incluindo um aumento da massa muscular, da massa magra e maior força muscular. Que mecanismo anatômico é responsável por essas alterações?
3. Nos últimos 10 a 20 anos, muitos países adotaram a prática de realizar biópsias de músculos do membro inferior em atletas de pista, em uma tentativa de determinar suas chances de sucesso em corridas de curta e longa distância. Que fator anatômico oferece base para esta hipótese?

10

O Sistema Muscular

Musculatura Axial



Introdução 262

A musculatura axial 262

OBJETIVO DO CAPÍTULO:

1. Identificar e localizar os principais músculos axiais do corpo, suas inserções de origem (pontos fixos) e inserções terminais (pontos móveis) e descrever suas inervações e ações.

A classificação do sistema esquelético em divisões axial e apendicular oferece um roteiro útil para a subdivisão do sistema muscular. **A musculatura axial** localiza-se no esqueleto axial. Ela posiciona a cabeça e a coluna vertebral e contribui na mecânica da respiração por meio da movimentação da caixa torácica. Os músculos axiais não atuam na movimentação ou estabilização dos cíngulos dos membros superior ou inferior, nem dos próprios membros superiores e inferiores. Aproximadamente 60% dos músculos esqueléticos do corpo são músculos axiais. A **musculatura apendicular** estabiliza ou movimenta componentes do esqueleto apendicular. Os principais músculos axiais e apendiculares encontram-se ilustrados nas Figuras 10.1 e 10.2.

A musculatura axial [Figuras 10.1/10.2]

A musculatura axial está envolvida nos movimentos da cabeça e da coluna vertebral. Como a discussão sobre musculatura axial depende muito da compreensão da anatomia do esqueleto, é importante revisar as figuras relacionadas nos Capítulos 6 e 7 conforme prosseguimos no estudo. As figuras relevantes naqueles capítulos estão indicadas nas legendas das figuras ao longo deste capítulo.

Os músculos axiais subdividem-se em quatro grupos de acordo com a localização e/ou função. Os grupos nem sempre apresentam limites anatômicos claramente distintos. Por exemplo, uma função como a extensão da coluna vertebral envolve músculos ao longo de todo o seu comprimento.

1. O primeiro grupo inclui os *músculos da cabeça e pescoço* que não estão associados com a coluna vertebral. Este grupo inclui os músculos que movimentam a face, a língua e a laringe. São responsáveis pela comunicação verbal e não-verbal – como rir, falar, franzir as sobrancelhas, sorrir e assobiar. Esse grupo de músculos também executa movimentos associados à alimentação, como sugar, mastigar e engolir, bem como as contrações dos músculos dos olhos (que nos ajudam a procurar alguma coisa a mais para comer).

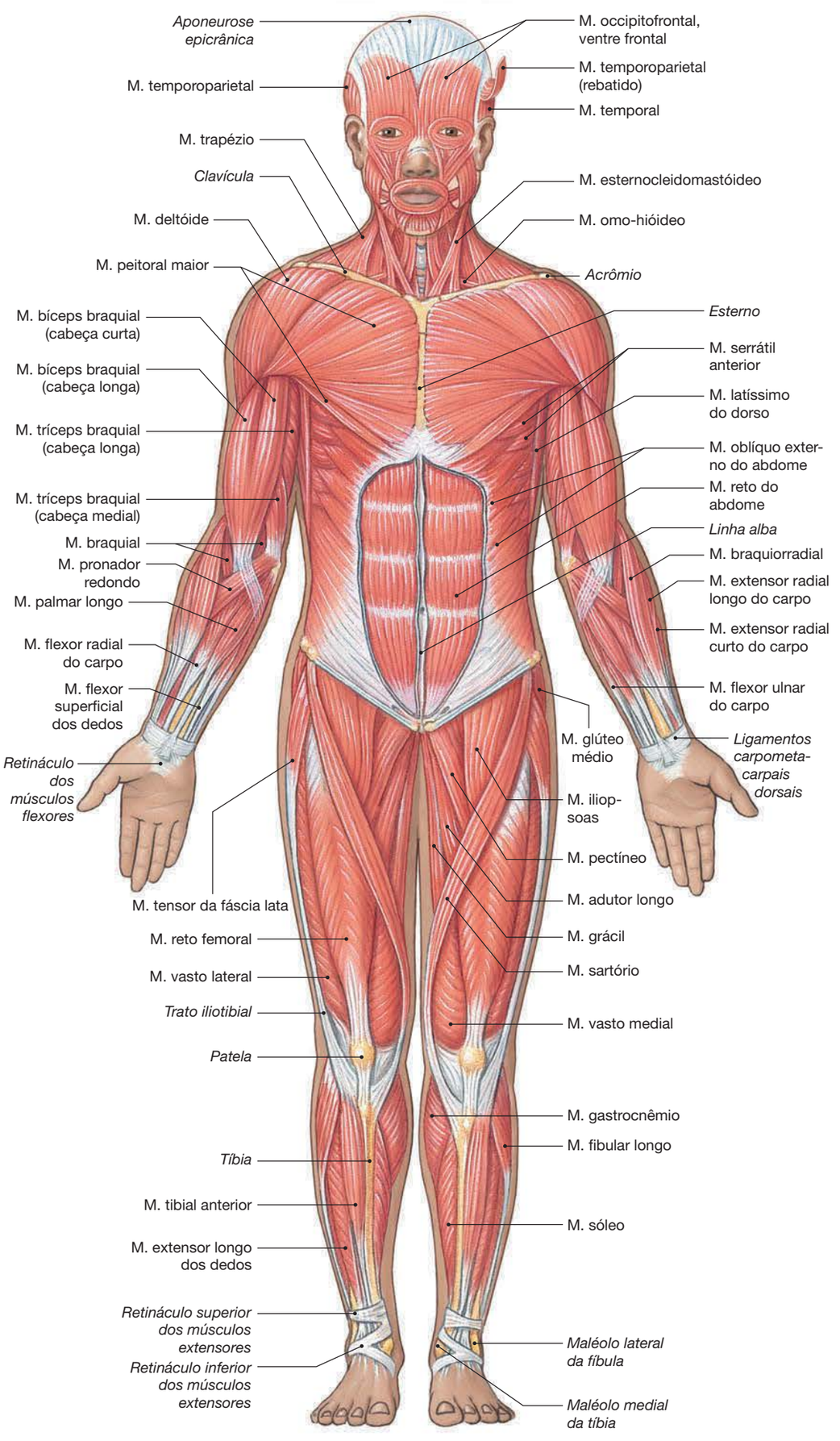


Figura 10.1 Músculos esqueléticos superficiais, vista anterior.
Vista diagramática dos principais músculos axiais e apendiculares.

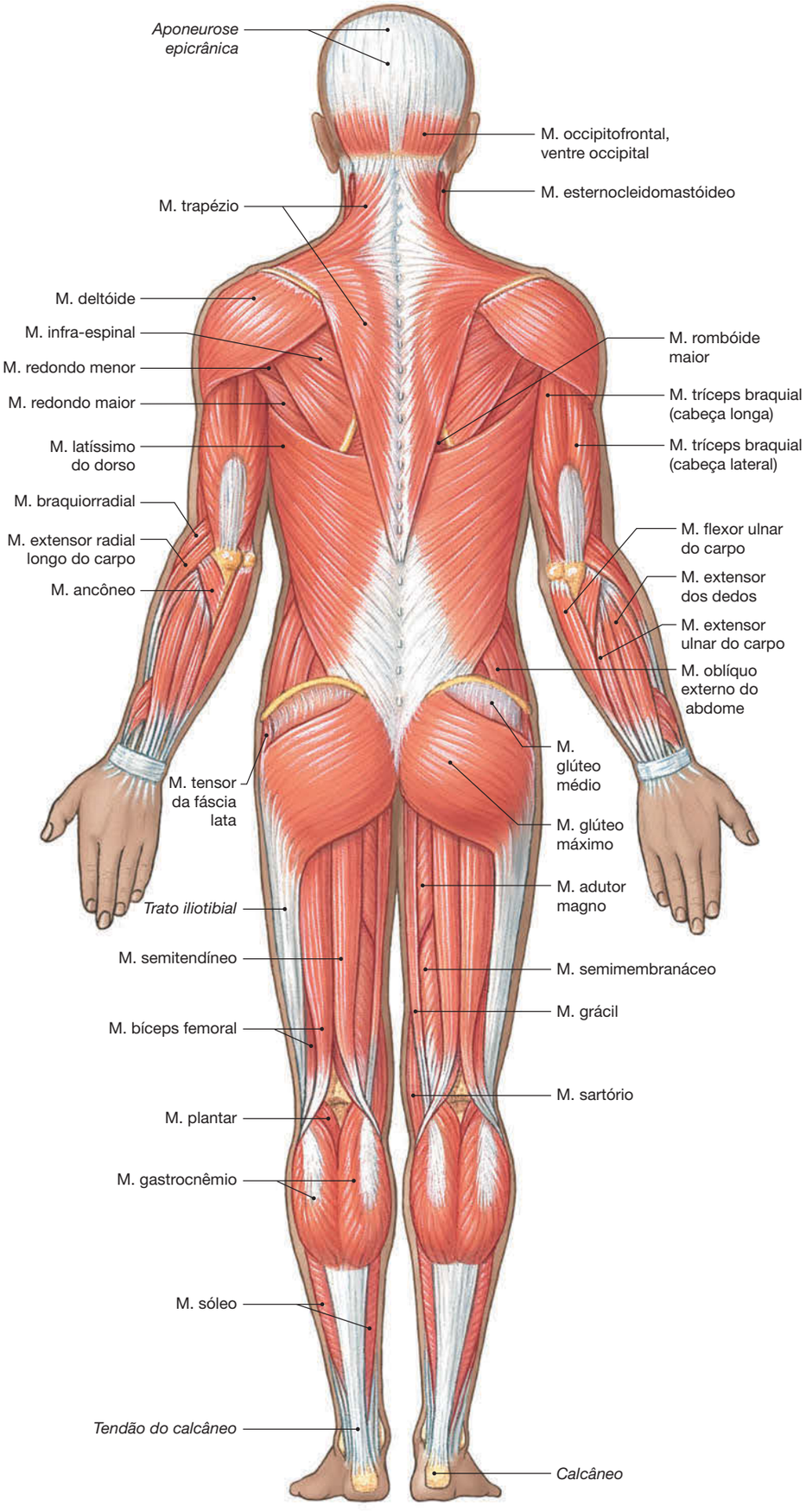


Figura 10.2 Músculos esqueléticos superficiais, vista posterior.
Vista diagramática dos principais músculos axiais e apendiculares.

2. O segundo grupo, os *músculos da coluna vertebral*, inclui numerosos flexores e extensores do esqueleto axial.
3. O terceiro grupo, os *músculos oblíquos* e *retos*, forma as paredes musculares das cavidades torácica e abdominopélvica, entre a primeira vértebra torácica e a pelve. Na região torácica, esses músculos são divididos em seções pelas costelas, porém, na superfície abdominal, formam largas lâminas musculares. Há também músculos retos e oblíquos no pescoço. Ainda que não constituam uma parede muscular completa, estão inclusos neste grupo, pois compartilham uma origem comum de desenvolvimento. O diafragma também está incluído neste grupo, pois seu desenvolvimento está relacionado ao de outros músculos da parede do tórax.
4. O quarto grupo, os *músculos do períneo e do diafragma da pelve*, estende-se entre o sacro e o cíngulo do membro inferior, ocluindo a abertura pélvica. ∞ págs. 192-193

As Figuras 10.1 e 10.2 apresentam uma visão geral dos principais músculos axiais e apendiculares do corpo humano. Esses são os músculos superficiais, que tendem a ser relativamente grandes. Os músculos superficiais recobrem músculos mais profundos e menores que não podem ser vistos a menos que os músculos sobrepostos sejam removidos ou *rebatidos*, ou seja, seccionados e afastados, propiciando o acesso. Outras figuras, apresentadas posteriormente, mostram músculos profundos em regiões específicas e indicam quando músculos superficiais foram removidos ou rebatidos para maior clareza.

Para facilitar o processo de revisão, a informação referente às inserções de origem (ponto fixo), às inserções terminais (ponto móvel) e à ação de cada músculo foi resumida em tabelas. Essas tabelas também contêm informação sobre a *inervação* de músculos individuais. O termo **inervação** refere-se ao suprimento nervoso de uma determinada estrutura ou órgão, e a um ou mais nervos motores que controlam cada músculo do esqueleto. Os nomes dos nervos oferecem informação sobre a distribuição do nervo ou sobre o local onde o nervo deixa a cavidade do crânio ou o canal vertebral. Por exemplo, o *nervo facial* inerva a musculatura da face, e os vários nervos espinais deixam o canal vertebral no nível dos forames intervertebrais. ∞ págs. 162, 166 Para auxiliar a compreensão das relações entre os músculos esqueléticos e os ossos do esqueleto, incluímos esquemas do esqueleto mostrando as inserções de origem (ponto fixo) e as inserções terminais (ponto móvel) de músculos representativos de cada grupo. Em cada esquema, as áreas de inserção de origem dos músculos aparecem em vermelho, e as áreas de inserção terminal são mostradas em azul.

Músculos da cabeça e pescoço

Os músculos da cabeça e pescoço podem ser subdivididos em vários grupos. Os *músculos da face (expressão facial)*, os *músculos extrínsecos do bulbo do olho*, os *músculos da mastigação*, os *músculos da língua* e

os *músculos da faringe* originados no crânio ou no osso hióide. Outros músculos envolvidos com a visão e a audição originam-se no crânio. Esses músculos são discutidos no Capítulo 18, juntamente com os músculos associados à orelha e ao sentido da audição. Os *músculos anteriores do pescoço* estão principalmente relacionados à modificação de posição da laringe, do osso hióide e do soalho da boca.

Músculos da face (expressão facial) [Figuras 10.2/10.3/10.4 e Tabela 10.1]

Os músculos da face (expressão facial) têm inserção na superfície do crânio. Veja as Figuras 10.3 e 10.4 para acompanhar a descrição de suas estruturas. A Tabela 10.1 fornece um resumo detalhado de suas características. Em suas inserções terminais, as fibras de colágeno do epimísio são entrelaçadas com as da tela subcutânea e a derme da pele; quando se contraem, a pele se movimenta. Esses músculos são inervados pelo sétimo nervo craniano, o *nervo facial*.

O maior grupo de músculos da face está associado à boca (Figura 10.3). O **músculo orbicular da boca** constringe a abertura, enquanto outros músculos movem os lábios ou os ângulos da boca. O **músculo bucinador** apresenta duas funções relacionadas à alimentação (além de sua importância para os músicos). Durante a mastigação, ele coopera com os músculos da mastigação movimentando o alimento do vestíbulo da boca para a superfície de contato dos dentes. Em bebês, o músculo bucinador é responsável por produzir a sucção, necessária para a amamentação.

Grupos menores de músculos controlam os movimentos das sobrancelhas e pálpebras, couro cabeludo, nariz e orelha externa. O *epicrânio* (*epi*, sobre + *kranion*, crânio), ou couro cabeludo, contém o **músculo temporoparietal** e o **músculo occipitofrontal**, que apresenta dois ventres, o **ventre frontal** e o **ventre occipital**, separados por uma lâmina colágena, a *aponeurose epicrânica* (Figuras 10.2 e 10.3). O **platisma** (*platys*, plano) recobre a superfície anterior do pescoço, estendendo-se da base do pescoço ao periósteo da mandíbula e à fáscia nos ângulos da boca (Figuras 10.3 e 10.4).

Músculos extrínsecos do bulbo do olho [Figura 10.5 e Tabela 10.2]

Seis **músculos extrínsecos do bulbo do olho**, algumas vezes chamados de *oculomotores*, originam-se na superfície da órbita e controlam a posição do olho. Esses músculos são o **músculo reto inferior do bulbo do olho**, **músculo reto medial do bulbo do olho**, **músculo reto superior do bulbo do olho**, **músculo reto lateral do bulbo do olho**, **músculo**

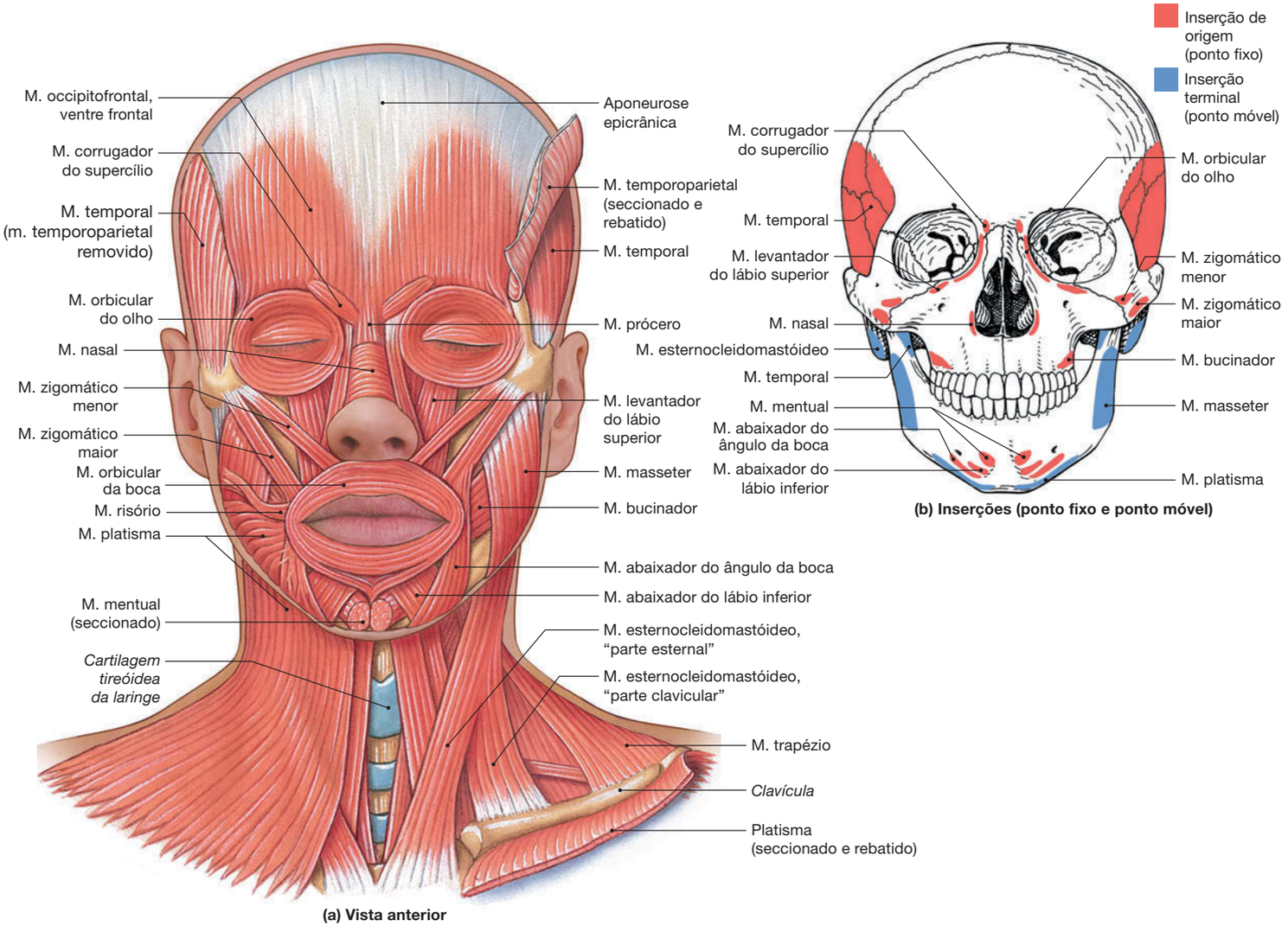
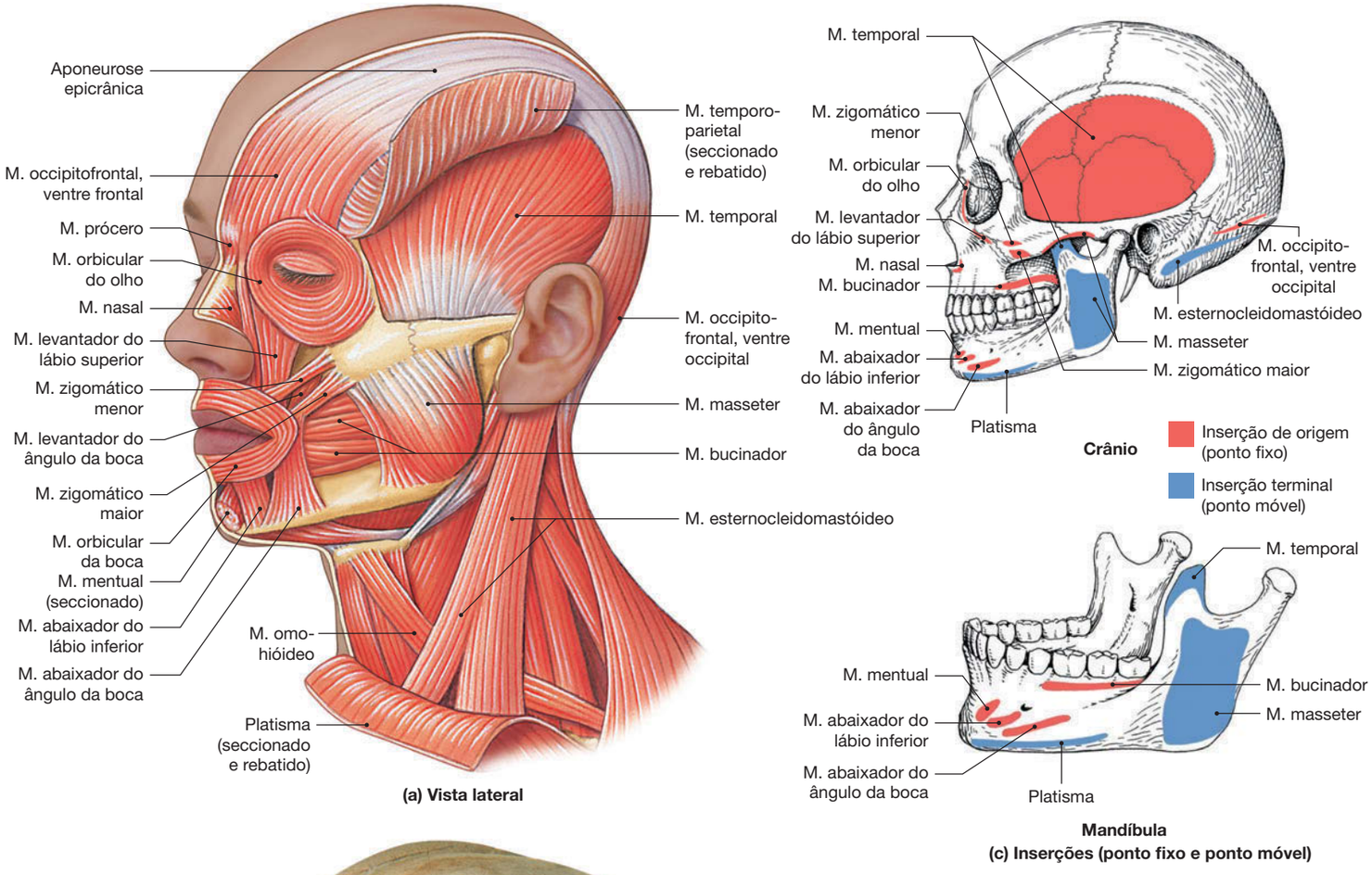


Figura 10.3 **Músculos da cabeça e do pescoço, parte I.**
(a) Vista anterior. **(b)** Inserções (ponto fixo e ponto móvel) de músculos selecionados.



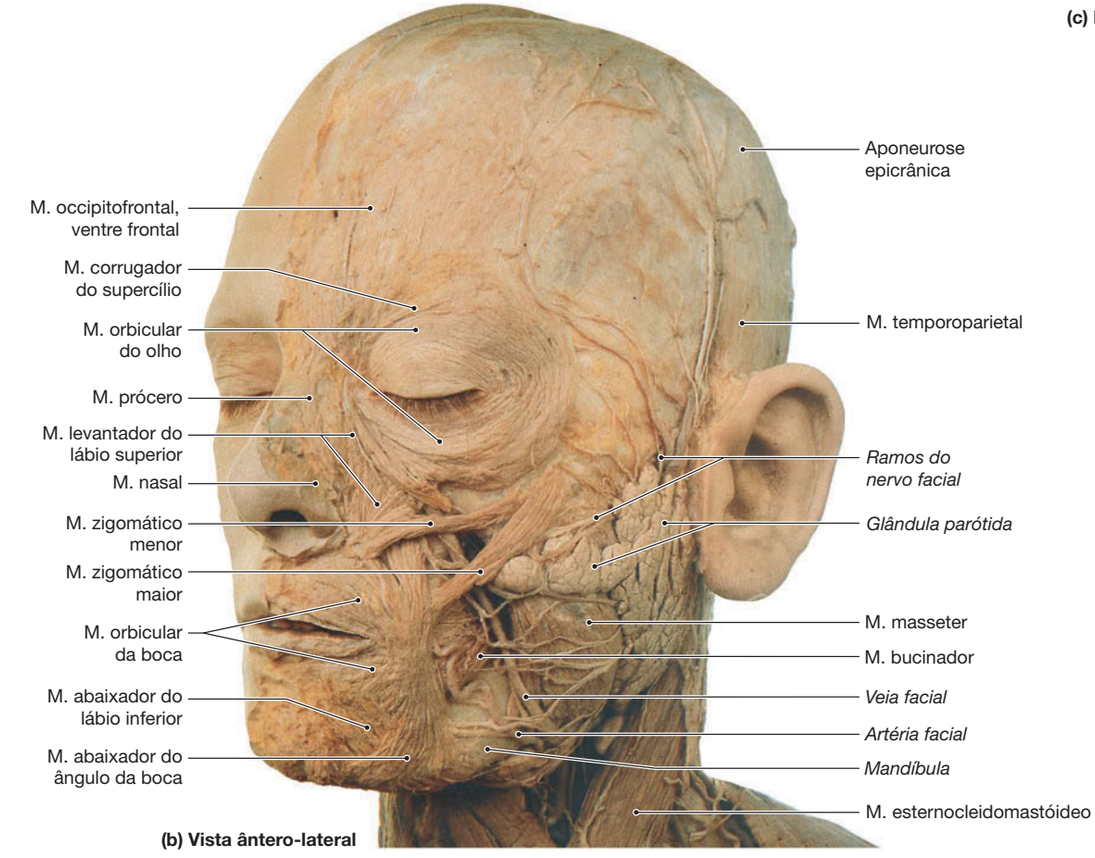


Figura 10.4 Músculos da cabeça e do pescoço, parte II.
(a) Vista diagramática lateral. **(b)** Vista correspondente a uma dissecação mostrando vários músculos da cabeça e pescoço. **(c)** Inserções (ponto fixo e ponto móvel) de músculos representativos na superfície lateral do crânio (acima) e mandíbula isolada (abaixo). *Ver também Figura 6.3.*

TABELA 10.1 Músculos da expressão facial

Região/Músculo	Inserção de origem (ponto fixo)	Inserção terminal (ponto móvel)	Ação	Inervação
BOCA				
Bucinador	Processo alveolar da maxila e parte alveolar da mandíbula opostamente aos dentes molares	Mistura-se às fibras do músculo orbicular da boca	Comprime as bochechas	Nervo facial (VII)
Abaixador do lábio inferior	Mandíbula entre a linha mediana e o forame mentual	Pele do lábio inferior	Abaixa o lábio inferior	Idem ao anterior
Levantador do lábio superior	Margem inferior da órbita, superior ao forame infra-orbital	Músculo orbicular da boca	Levanta o lábio superior	Idem ao anterior
Mentual	Fossa incisiva da mandíbula	Pele do mento	Levanta e protrai o lábio inferior	Idem ao anterior
Orbicular da boca	Maxila, e mandíbula	Lábios	Comprime, franze os lábios	Idem ao anterior
Risório	Fáscia circundando a glândula parótida	Ângulo da boca	Traciona o ângulo da boca para o lado	Idem ao anterior
Levantador do ângulo da boca	Maxila, inferior ao forame infra-orbital	Pele no ângulo da boca	Levanta o ângulo da boca	Idem ao anterior
Abaixador do ângulo da boca	Superfície ântero-lateral do corpo da mandíbula	Pele no ângulo da boca	Abaixa o ângulo da boca	Idem ao anterior
Zigomático maior	Osso zigomático próximo à sutura temporozigomática	Ângulo da boca	Retrai e levanta o ângulo da boca	Idem ao anterior
Zigomático menor	Osso zigomático, posteriormente à sutura zigomaticomaxilar	Lábio superior	Retrai e levanta o lábio inferior	Idem ao anterior
OLHO				
Corrugador do supercílio	Margem orbital do osso frontal próximo à sutura frontonasal	Supercílio (sobrancelha)	Traciona a fronte no sentido ínfero-anterior; franze a pele da fronte	Idem ao anterior
Levantador da pálpebra superior	Região inferior da asa menor do esfenóide súpero-anteriormente ao canal óptico	Pálpebra superior	Levanta a pálpebra superior	Nervo oculomotor (III)[a]
Orbicular do olho	Margem medial da órbita	Pele ao redor das pálpebras	Fecha o olho	Nervo facial (VII)
NARIZ				
Prócero	Cartilagens nasais laterais e aponeuroses que recobrem a parte inferior dos ossos nasais	Aponeuroses no dorso do nariz e pele da fronte	Movimenta o nariz, muda a posição e a forma das narinas	Idem ao anterior
Nasal	Maxila e cartilagem alar do nariz	Dorso do nariz	Comprime o dorso do nariz, abaixa o ápice do nariz, alarga as narinas	Idem ao anterior
COURO CABELUDO (EPICRÂNICO)[b]				
Occipitofrontal				
Ventre frontal	Aponeurose epicrânica	Pele do supercílio e dorso do nariz	Levanta as sobrancelhas e franze a testa	Idem ao anterior
Ventre occipital	Linha nucal superior e região adjacente do processo mastóide do osso temporal	Aponeurose epicrânica	Traciona e retrai o couro cabeludo	Idem ao anterior
Temporoparietal	Fáscia ao redor da orelha externa	Aponeurose epicrânica	Traciona o couro cabeludo e movimenta a cartilagem da orelha	Idem ao anterior
PESCOÇO				
Platisma	Fáscia do tórax, região superior, entre a cartilagem da segunda costela e o acrômio da escápula	Mandíbula e pele da bochecha	Traciona a pele do pescoço e abaixa a mandíbula	Idem ao anterior

[a] Este músculo se origina em associação com os músculos extrínsecos do bulbo do olho, e assim sua inervação é bastante específica, conforme detalhado no Capítulo 15.
[b] Inclui a aponeurose epicrânica e os músculos temporoparietais e occipitofrontais.

oblíquo inferior do bulbo do olho e **músculo oblíquo superior do bulbo do olho** (Figura 10.5 e Tabela 10.2). Os músculos retos movimentam o olho na direção indicada por seus nomes. Além disso, os músculos reto superior e reto inferior também produzem um discreto movimento medial do olho, enquanto os músculos oblíquos superior e inferior produzem um discreto movimento lateral. Assim, para movimentar o olho na direção superior, é necessária a contração do músculo reto superior e do músculo oblíquo inferior; para movimentar o olho na direção inferior, há contração do músculo reto inferior e do músculo oblíquo superior. Os músculos extrínsecos do bulbo do olho são inervados pelos nervos cranianos *oculomotor* (III), *troclear* (IV) e *abducente* (VI). Os músculos intrínsecos do olho, que são músculos lisos localizados no interior do bulbo do olho, controlam o diâmetro da pupila e a forma da lente (cristalino). Esses músculos são discutidos no Capítulo 18.

Músculos da mastigação [Figura 10.6 e Tabela 10.3]

Os músculos da mastigação (Figura 10.6 e Tabela 10.3) movimentam a mandíbula na articulação temporomandibular (ATM). ∞ pág. 214 O grande **músculo masseter** eleva a mandíbula e é o mais potente e importante músculo da mastigação. O **músculo temporal** contribui para a

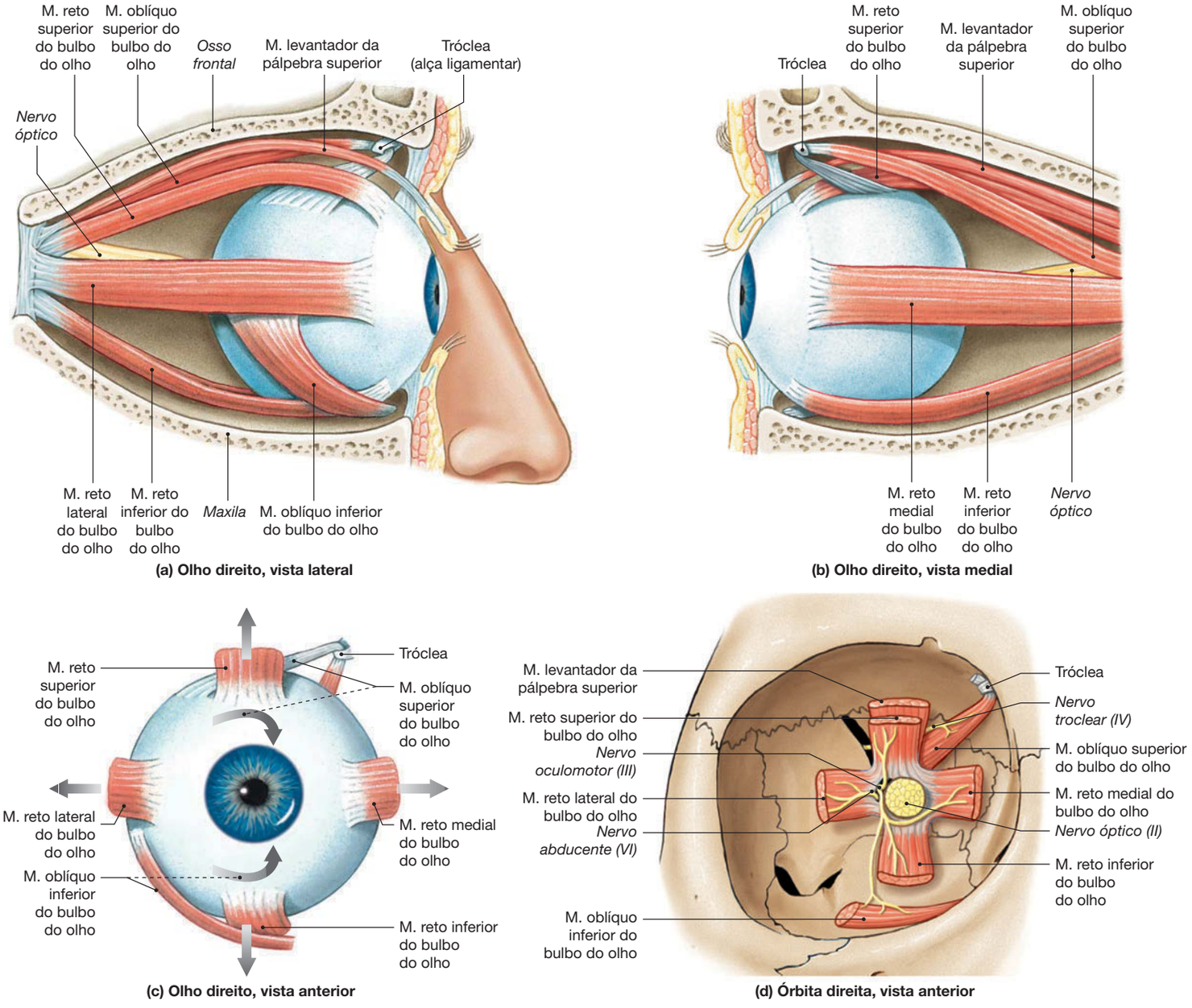
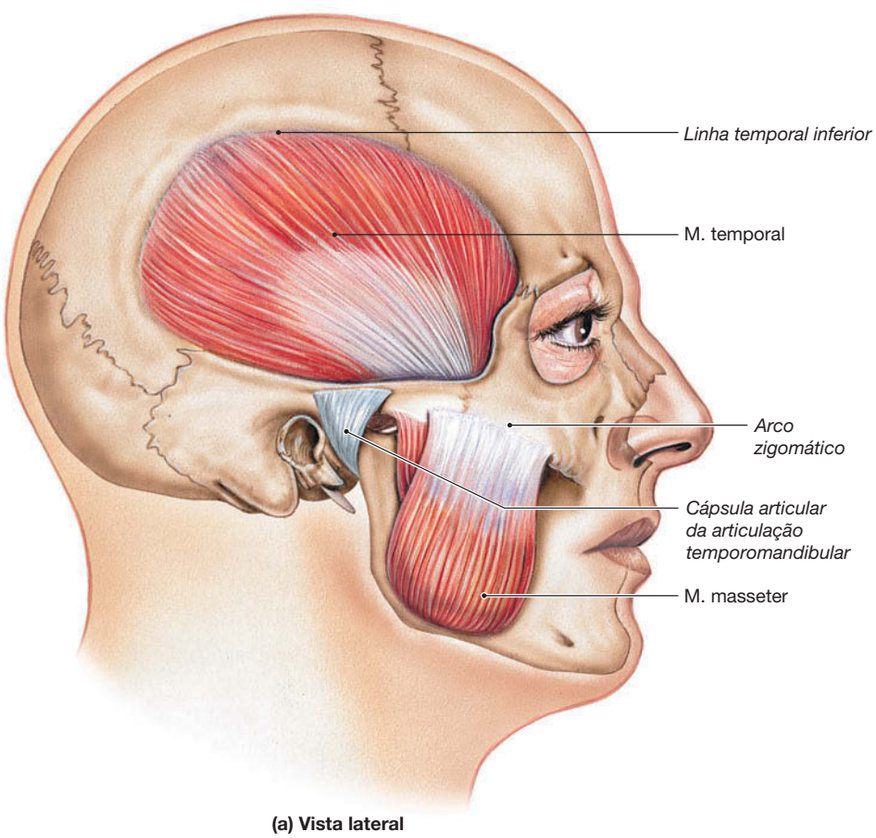


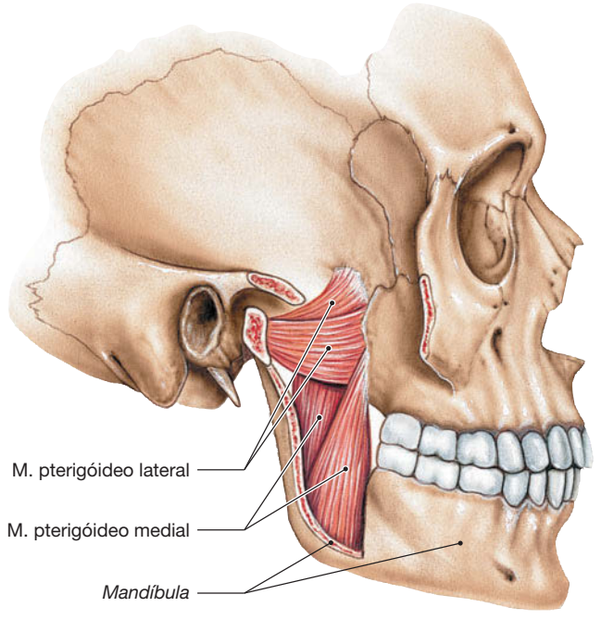
Figura 10.5 Músculos extrínsecos do bulbo do olho.
(a) Músculos na superfície lateral do olho direito. **(b)** Músculos na superfície medial do olho direito. **(c)** Vista anterior do olho direito, mostrando a orientação dos músculos extrínsecos do bulbo do olho e as direções de movimento ocular resultantes da contração de músculos individuais. **(d)** Vista anterior da órbita direta, mostrando as origens dos músculos extrínsecos do bulbo do olho. *Ver também Figura 6.3*.

TABELA 10.2 Músculos extrínsecos do bulbo do olho

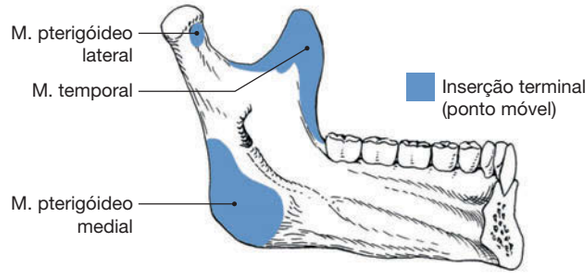
Músculo	Inserção de origem (ponto fixo)	Inserção terminal (ponto móvel)	Ação	Inervação
Reto inferior do bulbo do olho	Esfenóide ao redor do canal óptico	Superfície ínfero-medial do bulbo do olho	Movimento inferior	Nervo oculomotor (III)
Reto medial do bulbo do olho	Idem ao anterior	Superfície medial do bulbo do olho	Movimento medial	Idem ao anterior
Reto superior do bulbo do olho	Idem ao anterior	Superfície superior do bulbo do olho	Movimento superior	Idem ao anterior
Reto lateral do bulbo do olho	Idem ao anterior	Superfície lateral do bulbo do olho	Movimento lateral	Nervo abducente (VI)
Oblíquo inferior do bulbo do olho	Maxila e porção anterior da órbita	Superfície ínfero-lateral do bulbo do olho	Movimento súpero-lateral	Nervo oculomotor (III)
Oblíquo superior do bulbo do olho	Esfenóide ao redor do canal óptico	Superfície súpero-lateral do bulbo do olho	Movimento ínfero-lateral	Nervo troclear (IV)



(a) Vista lateral



(b) Vista lateral, músculos pterigóideos expostos



(c) Inserções terminais (ponto móvel), vista medial do ramo esquerdo da mandíbula

Figura 10.6 Músculos da mastigação.
Os músculos da mastigação movem a mandíbula durante a mastigação. **(a)** O temporal e o masseter são músculos proeminentes na superfície lateral do crânio. O temporal passa medialmente ao arco zigomático e insere-se no processo coronóide da mandíbula. O masseter insere-se no ângulo e na superfície lateral da mandíbula. **(b)** A localização e a orientação dos músculos pterigóideos podem ser vistas pela remoção dos músculos sobrejacentes, juntamente com uma porção da mandíbula. **(c)** Inserções terminais selecionadas na superfície média da mandíbula. *Ver também Figuras 6.3 e 6.14*.

elevação da mandíbula, enquanto os **músculos pterigóideos**, medial e lateral, podem ser utilizados em várias combinações para levantar, protrair ou movimentar lateralmente a mandíbula, movimento também denominado *excursão lateral*. Esses movimentos são importantes para maximizar a eficiência dos dentes durante a mastigação ou trituração de alimentos de várias consistências. Os músculos da mastigação são inervados pelo quinto nervo craniano, o *nervo trigêmeo*.

Músculos da língua [Figura 10.8 e Tabela 10.4]

A terminologia dos músculos da língua apresenta o sufixo *glossus*, significando "língua". Uma vez incorporada a estrutura referida aos prefixos dos nomes, como *genio*, *hio*, *palato e estilo*, não haverá dificuldades com este grupo muscular. O **músculo genioglosso** origina-se no mento, o **músculo hioglosso**, no osso hióide, o **músculo palatoglosso**, no palato,

TABELA 10.3 Músculos da mastigação

Músculo	Inserção de origem (ponto fixo)	Inserção terminal (ponto móvel)	Ação	Inervação
Masseter	Arco zigomático	Superfície lateral do ângulo da mandíbula (tuberosidade massetérica)	Levanta a mandíbula e fecha a boca	Nervo trigêmeo (V), via nervo mandibular
Temporal	Ao longo das linhas temporais do crânio	Processo coronóide da mandíbula	Idem ao anterior	Idem ao anterior
Pterigóideos	Lâmina lateral do processo pterigóide	Superfície medial do ramo da mandíbula		
Pterigóideo medial	Lâmina lateral do processo pterigóide e porções adjacentes do palato ósseo e maxila	Superfície medial do ângulo da mandíbula (tuberosidade pterigóidea)	Levanta a mandíbula e fecha a boca, ou movimenta lateralmente a mandíbula	Idem ao anterior
Pterigóideo lateral	Lâmina lateral do processo pterigóide e asa maior do esfenóide	Parte anterior do colo da mandíbula (fóvea pterigóidea)	Abre a boca, protrai ou movimenta lateralmente a mandíbula	Idem ao anterior

Nota clínica

O que há de novo? Existem alguns comentários do tipo "não há nada novo na anatomia". Esta afirmação expressa uma opinião popular de que toda a estrutura anatômica no corpo humano foi descrita séculos atrás. Anatomistas da Universidade de Maryland, entretanto, publicaram em 1996 a descrição de um "novo" músculo esquelético, o *esfenomandibular* (Figura 10.7), um auxiliar dos músculos da mastigação. Este músculo se estende da superfície do esfenóide até a mandíbula. O trabalho começou a partir da análise computadorizada do *Visible Human Project*, um atlas fotográfico digitalizado de imagens de secções transversais do corpo humano. O trabalho inicial foi então corroborado por cuidadosas dissecações em cadáveres. Apesar de haver algumas controvérsias a respeito desse músculo (por exemplo, ele pode ter sido descrito previamente como uma porção do músculo temporal), este é um bom exemplo de como as modernas tecnologias estão fornecendo novas perspectivas a respeito da anatomia do corpo humano.

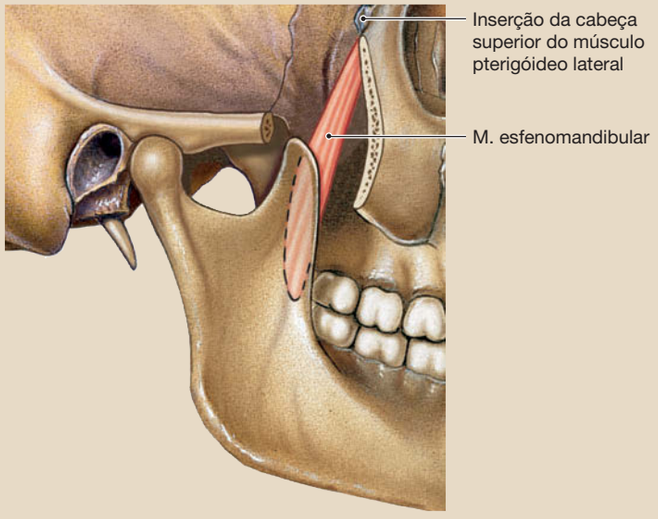


Figura 10.7 **O músculo esfenomandibular.**

e o **músculo estiloglosso**, no processo estilóide (Figura 10.8). Os músculos extrínsecos da língua apresentam ação combinada para movimentar a língua nos delicados e complexos padrões necessários à fala. Eles também movimentam o bolo alimentar na boca durante a preparação para a deglutição. Os músculos intrínsecos da língua, localizados totalmente no interior da língua, auxiliam essas ações. A maioria desses músculos é inervada pelo XII nervo craniano, o *nervo hipoglosso*, cujo nome indica sua função bem como sua localização (Tabela 10.4).

Músculos da faringe [Figura 10.9 e Tabela 10.5]

Os músculos pareados da faringe são importantes para a deglutição. Os **músculos constritores da faringe** iniciam a movimentação do *bolo alimentar* em direção ao esôfago. O **músculo palatofaríngeo**, o **músculo salpingofaríngeo** e o **músculo estilofaríngeo** elevam a faringe e a laringe e são classificados como *levantadores da faringe*. Os **músculos palatinos**, o **tensor do véu palatino** e o **levantador do véu palatino**, elevam o palato mole e porções adjacentes da parede faríngea. Os músculos levantadores do véu palatino também abrem o óstio faríngeo da tuba auditiva. Como resultado, deglutir repetidamente auxilia no equilíbrio das pressões interna e externa na orelha durante viagens aéreas ou ao mergulhar. Os músculos da faringe são supridos pelos nervos cranianos *glossofaríngeo* (IX) e *vago* (X). Esses músculos estão ilustrados na Figura 10.9; informações adicionais podem ser encontradas na Tabela 10.5.

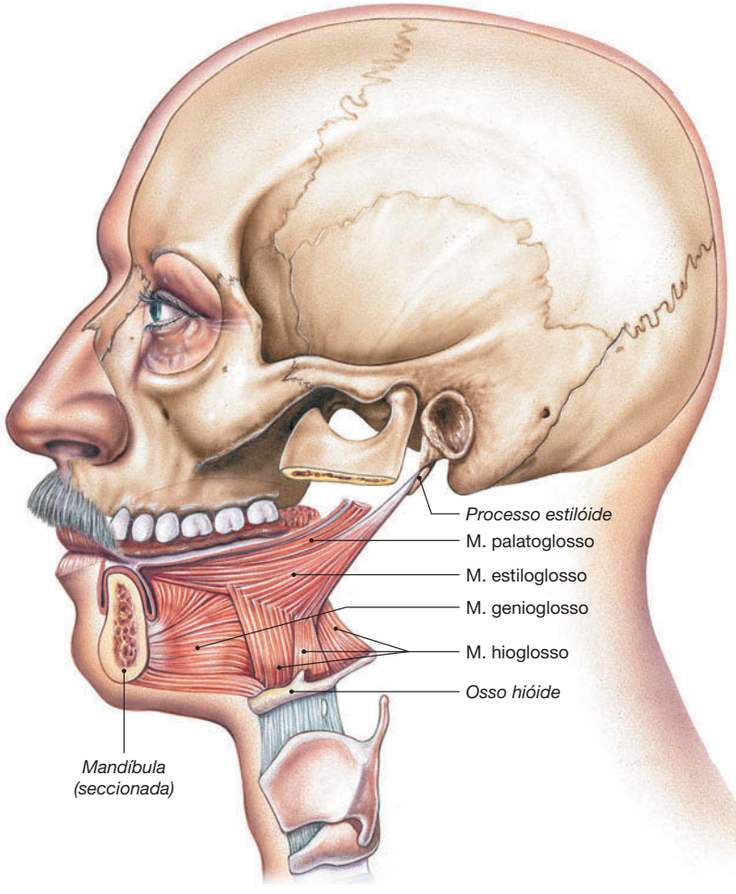
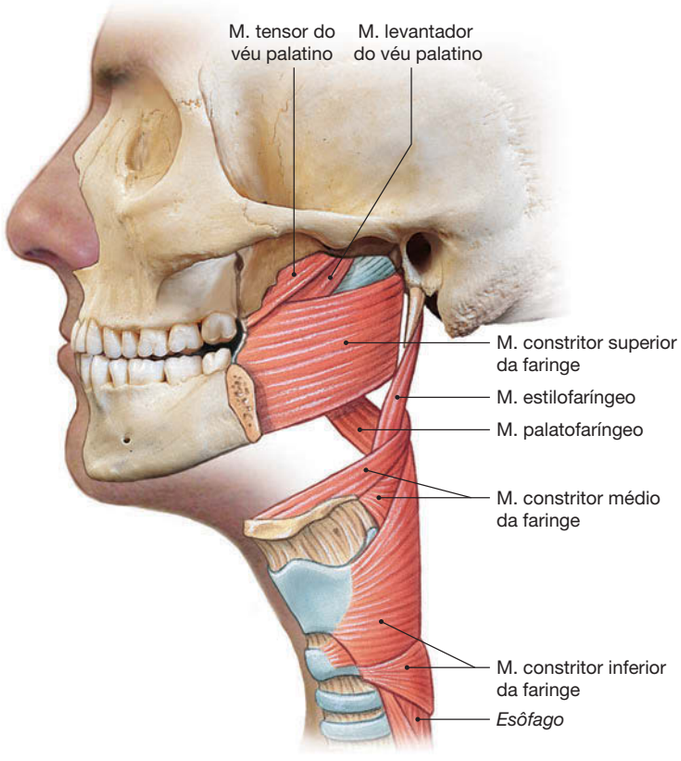


Figura 10.8 **Músculos da língua.**
O ramo esquerdo da mandíbula foi removido para mostrar os músculos do lado esquerdo da língua.

TABELA 10.4 Músculos da língua

Músculo	Inserção de origem (ponto fixo)	Inserção terminal (ponto móvel)	Ação	Inervação
Genioglosso	Superfície medial da mandíbula ao redor do mento	Corpo da língua, osso hióide	Abaixa e protrai a língua	Nervo hipoglosso (NC XII)
Hioglosso	Corpo e corno maior do osso hióide	Face lateral da língua	Abaixa e retrai a língua	Idem ao anterior
Palatoglosso	Região anterior do palato mole	Idem ao anterior	Eleva a língua e abaixa o palato mole	Ramo do plexo faríngeo (NC X)
Estiloglosso	Processo estilóide do osso temporal	Face lateral até o ápice da língua e sua base	Retrai a língua e eleva suas margens	Nervo hipoglosso (NC XII)



(a) Vista lateral

(b) Vista em secção sagital

Figura 10.9 Músculos da faringe.
Os músculos da faringe iniciam a deglutição. **(a)** Vista lateral. **(b)** Vista em corte sagital.

Músculos anteriores do pescoço [Figuras 10.10 e 10.11 e Tabela 10.6]

Os músculos anteriores do pescoço controlam a posição da laringe, abaixam a mandíbula, tensionam o soalho da boca e oferecem uma base de sustentação estável para os músculos da língua e da faringe (**Figuras 10.10** e **10.11** e Tabela 10.6). Os músculos anteriores do pescoço que posicionam a laringe são denominados *músculos extrínsecos da laringe*, enquanto aqueles que interferem no formato e na posição das pregas vocais são

TABELA 10.5 Músculos da faringe

Músculo	Inserção de origem (ponto fixo)	Inserção terminal (ponto móvel)	Ação	Inervação
CONSTRITORES DA FARINGE			Constringem a faringe para empurrar o bolo alimentar para o esôfago	Ramos do plexo faríngeo (X)
Constritor superior da faringe	Processo pterigóide do esfenóide, superfícies mediais da mandíbula e laterais da língua	Rafe mediana fixa ao osso occipital		Nervo vago (X)
Constritor médio da faringe	Cornos do osso hióide	Rafe mediana		Nervo vago (X)
Constritor inferior da faringe	Cartilagens cricóidea e tireóidea da laringe	Rafe mediana		Nervo vago (X)
LEVANTADORES DA FARINGE[1]			Elevam a faringe e a laringe	Ramos do plexo faríngeo (IX e X)
Palatofaríngeo	Palatos mole e duro	Cartilagem tireóidea		Nervo vago (X)
Salpingofaríngeo	Cartilagem na porção inferior da extremidade da tuba auditiva	Cartilagem tireóidea		Nervo vago (X)
Estilofaríngeo	Processo estilóide do osso temporal	Cartilagem tireóidea		Nervo glossofaríngeo (IX)
MÚSCULOS PALATINOS				
Levantador do véu palatino	Parte petrosa do osso temporal, tecidos ao redor da tuba auditiva	Palato mole	Elevam o palato mole	Ramos do plexo faríngeo (X)
Tensor do véu palatino	Espinha do esfenóide, processo pterigóide e tecidos ao redor da tuba auditiva	Palato mole	Idem ao anterior	Nervo trigêmeo (V)

[1] Ação auxiliada pelos músculos tireo-hióideo, genio-hióideo, estilo-hióideo e hioglosso, apresentados nas Tabelas 10.4 e 10.6.

chamados de *músculos intrínsecos da laringe*. (As pregas vocais serão discutidas no Capítulo 24.) Além disso, os músculos do pescoço podem ser classificados como *supra-hióideos* e *infra-hióideos*, dependendo da sua localização em relação ao osso hióide. O **músculo digástrico** apresenta dois ventres, como o próprio nome indica (*di*, dois + *gaster*, estômago). Um dos ventres estende-se do mento até o osso hióide, e o outro continua do osso hióide até a região mastóidea do osso temporal. Este músculo abre a boca por meio do abaixamento da mandíbula. O ventre anterior situa-se inferiormente ao largo e plano **músculo milo-hióideo**, que oferece sustentação muscular ao soalho da boca. Os **músculos genio-hióideos**, que estão localizados superiormente ao músculo milo-hióideo, oferecem sustentação adicional. O **músculo estilo-hióideo** forma uma conexão muscular entre o osso hióide e o processo estilóide do osso temporal. O **músculo esternocleidomastóideo** estende-se da clavícula e do esterno ao processo mastóide do osso temporal. Ele apresenta duas inserções de origem (ponto fixo), uma *parte esternal* e uma *parte clavicular* (Tabela 10.6). O **músculo omo-hióideo** fixa-se à escápula, à clavícula, à primeira costela e ao osso hióide. Estes músculos longos são supridos por mais de um nervo, e regiões específicas podem ser constituídas para contrair-se independentemente. Como resultado, suas ações são bastante variadas. Os outros músculos deste grupo são músculos em forma de fita, que fazem trajeto entre o esterno e a laringe (*esternotireóideos*) ou o osso hióide (*esterno-hióideos*) e entre a laringe e o osso hióide (*tireo-hióideos*).

REVISÃO DOS CONCEITOS

1. Onde se originam os músculos da face (expressão facial)?
2. Qual é a função geral dos músculos da mastigação?
3. Descreva as funções gerais dos músculos extrínsecos do bulbo do olho.
4. Qual é a importância dos músculos da faringe?

Veja a seção de Respostas na parte final do livro.

Músculos da coluna vertebral

[Figuras 10.2/10.12 e Tabela 10.7]

Os músculos do dorso são dispostos em três camadas distintas (superficial, média e profunda). Os músculos das duas primeiras camadas são denominados *músculos extrínsecos do dorso*. Esses músculos, que são inervados pelos ramos anteriores dos nervos espinais associados, se estendem desde o esqueleto axial até o membro superior ou a caixa torácica. Os músculos da camada superficial, o trapézio, o latíssimo do dorso, o levan-

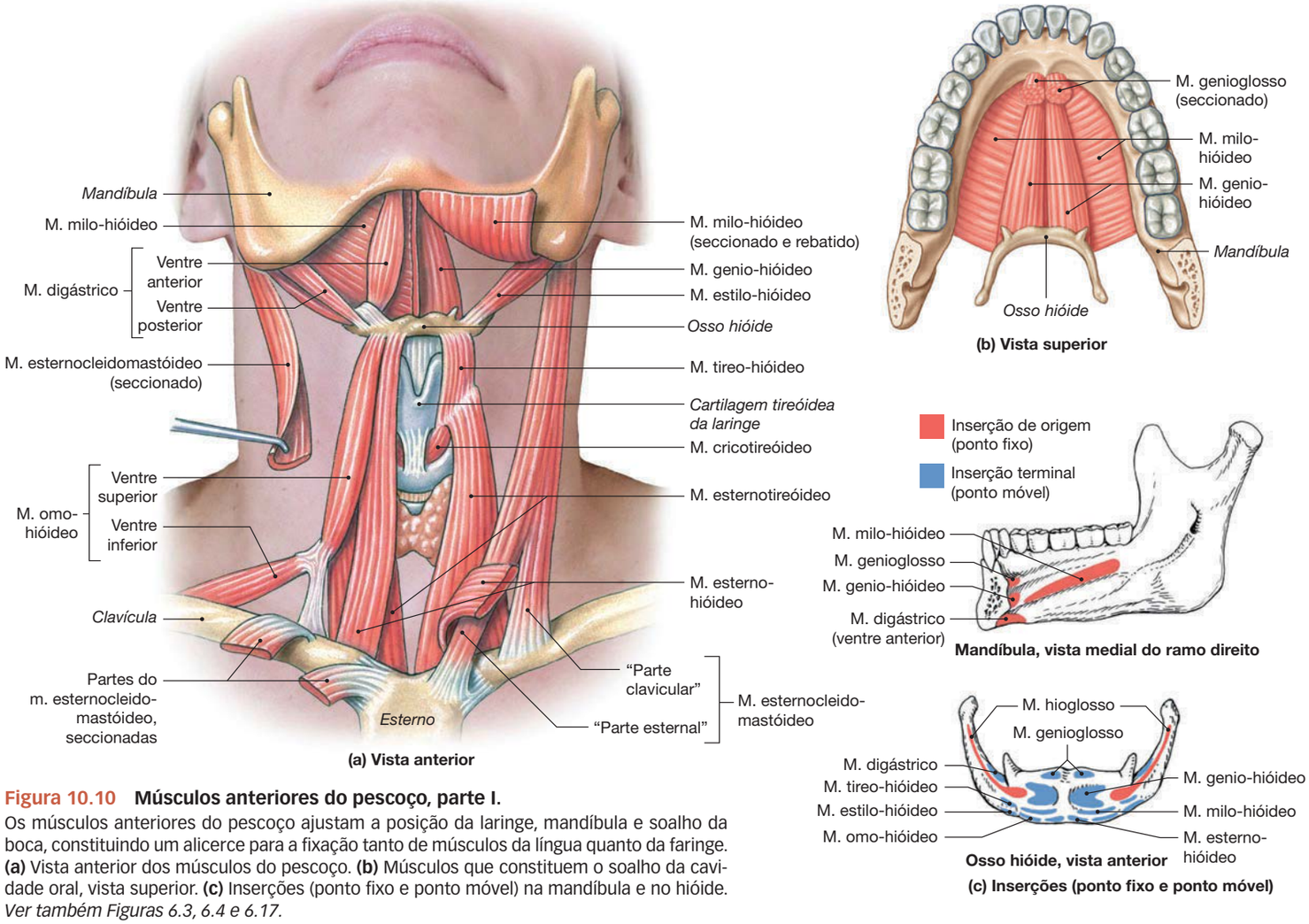


Figura 10.10 Músculos anteriores do pescoço, parte I.
Os músculos anteriores do pescoço ajustam a posição da laringe, mandíbula e soalho da boca, constituindo um alicerce para a fixação tanto de músculos da língua quanto da faringe. **(a)** Vista anterior dos músculos do pescoço. **(b)** Músculos que constituem o soalho da cavidade oral, vista superior. **(c)** Inserções (ponto fixo e ponto móvel) na mandíbula e no hióide. *Ver também Figuras 6.3, 6.4 e 6.17.*

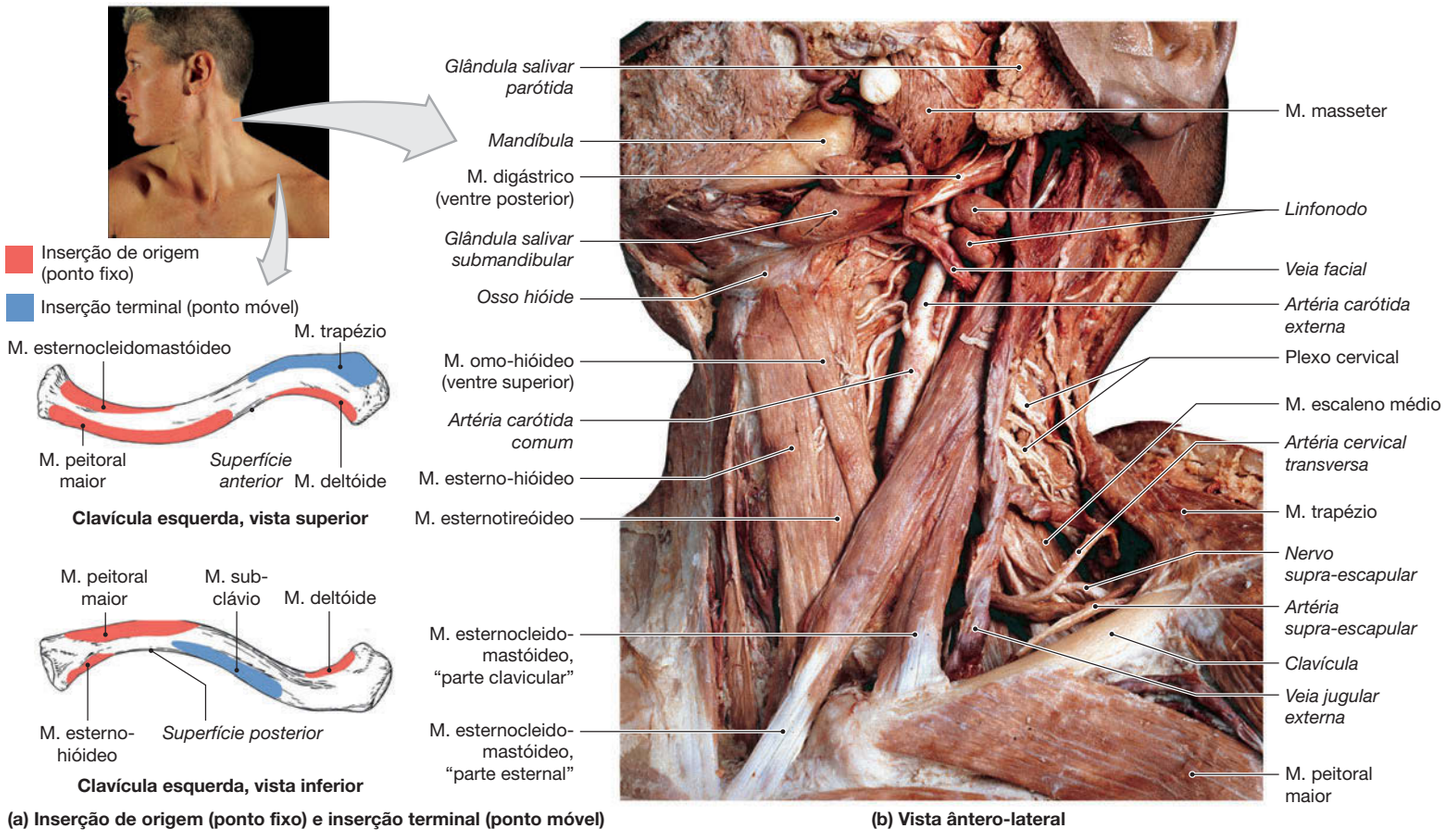
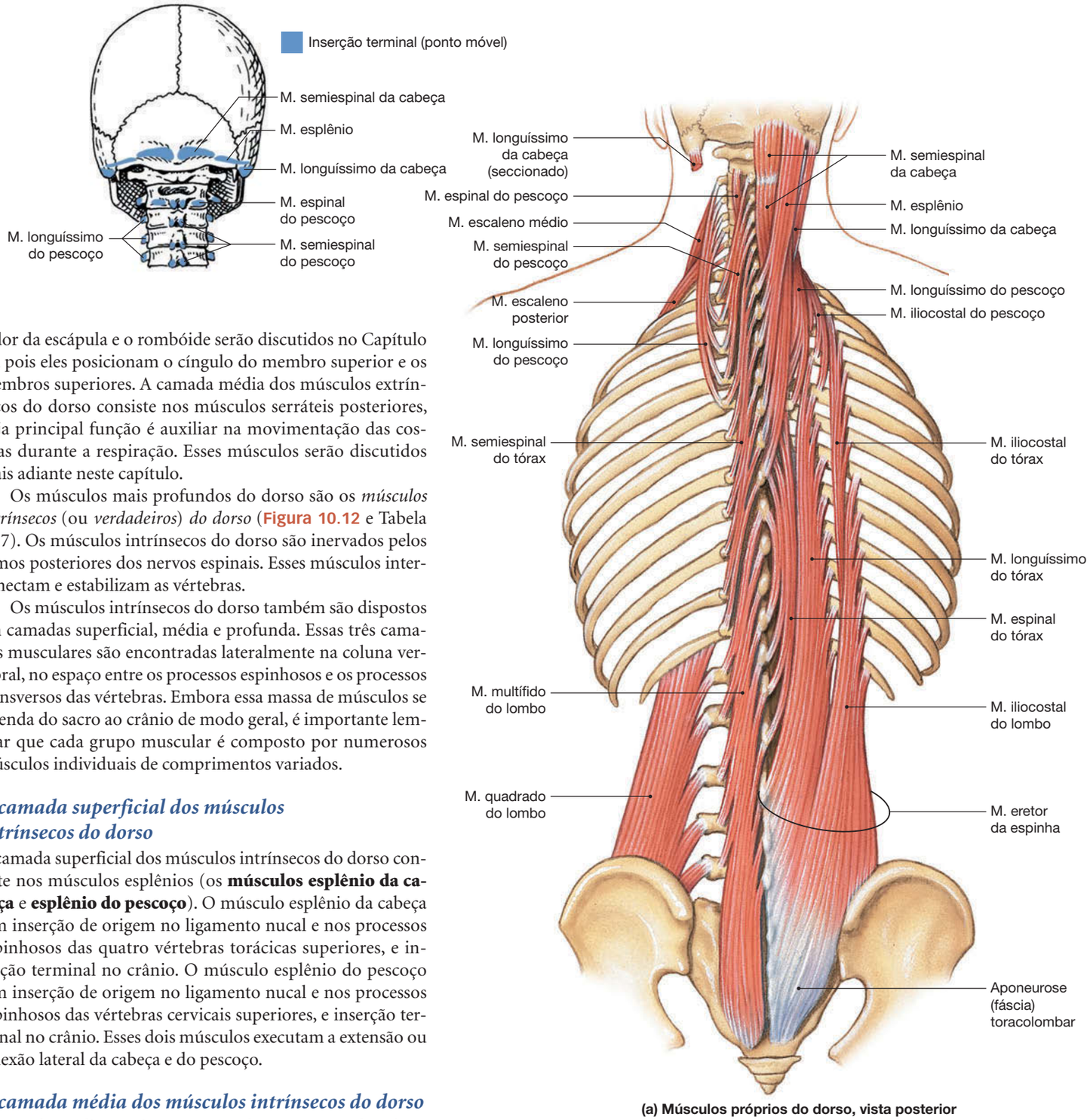


Figura 10.11 Músculos anteriores do pescoço, parte II.
(a) Inserções (ponto fixo e ponto móvel) na clavícula. **(b)** Vista ântero-lateral de uma dissecação do pescoço, mostrando músculos do pescoço e estruturas adjacentes. *Ver também Figuras 6.17 e 7.3.*

TABELA 10.6 Músculos anteriores do pescoço

Músculo	Inserção de origem (ponto fixo)	Inserção terminal (ponto móvel)	Ação	Inervação
Digástrico		Osso hióide	Abaixa a mandíbula abrindo a boca e/ou eleva a laringe	
Ventre anterior	Da superfície póstero-inferior da mandíbula próximo ao mento			Nervo trigêmeo (V), via nervo mandibular
Ventre posterior	Da região mastóidea do osso temporal			Nervo facial (VII)
Genio-hióideo	Superfície medial da mandíbula no nível do mento	Osso hióide	Idem ao anterior e retrai o osso hióide	Nervo cervical C1 via nervo hipoglosso (XII)
Milo-hióideo	Linha milo-hióidea da mandíbula	Rafe mediana de tecido conectivo que faz trajeto em direção ao osso hióide	Eleva o soalho da boca, levanta o osso hióide e/ou abaixa a mandíbula	Nervo trigêmeo (V), via nervo mandibular
Omo-hióideo[1]	Margem superior da escápula próximo à incisura da escápula	Osso hióide	Abaixa o osso hióide e a laringe	Nervos espinais cervicais C2-C3
Esterno-hióideo	Clavícula e manúbrio do esterno	Osso hióide	Idem ao anterior	Nervos espinais cervicais C1-C3
Esternotireóideo	Superfície posterior do manúbrio e primeira cartilagem costal	Cartilagem tireóidea da laringe	Idem ao anterior	Nervos espinais cervicais C1-C3
Estilo-hióideo	Processo estilóide do osso temporal	Osso hióide	Eleva a laringe	Nervo facial (VII)
Tireo-hióideo	Cartilagem tireóidea da laringe	Osso hióide	Eleva a laringe, abaixa o osso hióide	Nervos espinais cervicais C1-C2 via nervo hipoglosso (XII)
Esternocleidomastóideo		Processo mastóide do osso temporal e porção lateral da linha nucal	Juntos, fletem a cabeça; isoladamente, um lado flete a cabeça em direção ao ombro e roda a face para o lado contralateral	Nervo acessório (XI) e nervos espinais cervicais (C2-C3) do plexo cervical
"Parte clavicular"	Extremidade esternal da clavícula			
"Parte esternal"	Manúbrio do esterno			

[1] Ventres superior e inferior unidos em um tendão central ancorado à clavícula e à primeira costela.



(a) Músculos próprios do dorso, vista posterior

Figura 10.12 Músculos da coluna vertebral.
Coletivamente, esses músculos ajustam a posição da coluna vertebral, cabeça, pescoço e costelas. São mostradas inserções de origem (ponto fixo) e inserções terminais (ponto móvel) selecionadas. **(a)** Vista posterior dos músculos superficiais (direita) e profundos (esquerda) da coluna vertebral. **(b)** Vista posterior dos músculos próprios do dorso. **(c)** Músculos nas superfícies anteriores das vértebras cervicais e torácicas superiores.

tador da escápula e o rombóide serão discutidos no Capítulo 11, pois eles posicionam o cíngulo do membro superior e os membros superiores. A camada média dos músculos extrínsecos do dorso consiste nos músculos serráteis posteriores, cuja principal função é auxiliar na movimentação das costelas durante a respiração. Esses músculos serão discutidos mais adiante neste capítulo.

Os músculos mais profundos do dorso são os *músculos intrínsecos* (ou *verdadeiros*) *do dorso* (**Figura 10.12** e Tabela 10.7). Os músculos intrínsecos do dorso são inervados pelos ramos posteriores dos nervos espinais. Esses músculos interconectam e estabilizam as vértebras.

Os músculos intrínsecos do dorso também são dispostos em camadas superficial, média e profunda. Essas três camadas musculares são encontradas lateralmente na coluna vertebral, no espaço entre os processos espinhosos e os processos transversos das vértebras. Embora essa massa de músculos se estenda do sacro ao crânio de modo geral, é importante lembrar que cada grupo muscular é composto por numerosos músculos individuais de comprimentos variados.

A camada superficial dos músculos intrínsecos do dorso

A camada superficial dos músculos intrínsecos do dorso consiste nos músculos esplênios (os **músculos esplênio da cabeça** e **esplênio do pescoço**). O músculo esplênio da cabeça tem inserção de origem no ligamento nucal e nos processos espinhosos das quatro vértebras torácicas superiores, e inserção terminal no crânio. O músculo esplênio do pescoço tem inserção de origem no ligamento nucal e nos processos espinhosos das vértebras cervicais superiores, e inserção terminal no crânio. Esses dois músculos executam a extensão ou a flexão lateral da cabeça e do pescoço.

A camada média dos músculos intrínsecos do dorso

A camada média consiste em músculos extensores da coluna vertebral, ou **eretores da espinha**. Esses músculos originam-se na coluna vertebral, e os nomes dos músculos individuais fornecem informação útil sobre suas inserções. Por exemplo, nomes de músculos que incluem o termo *da cabeça* indicam inserção no crânio, enquanto o termo *do pescoço* indica inserção em vértebras cervicais superiores e o termo *do tórax* indica inserção em vértebras cervicais inferiores e torácicas superiores. Os músculos eretores da espinha (direito e esquerdo) são subdivididos em grupos **espinal**, **longuíssimo** e **iliocostal** (**Figura 10.12a**). Essas divisões baseiam-se na

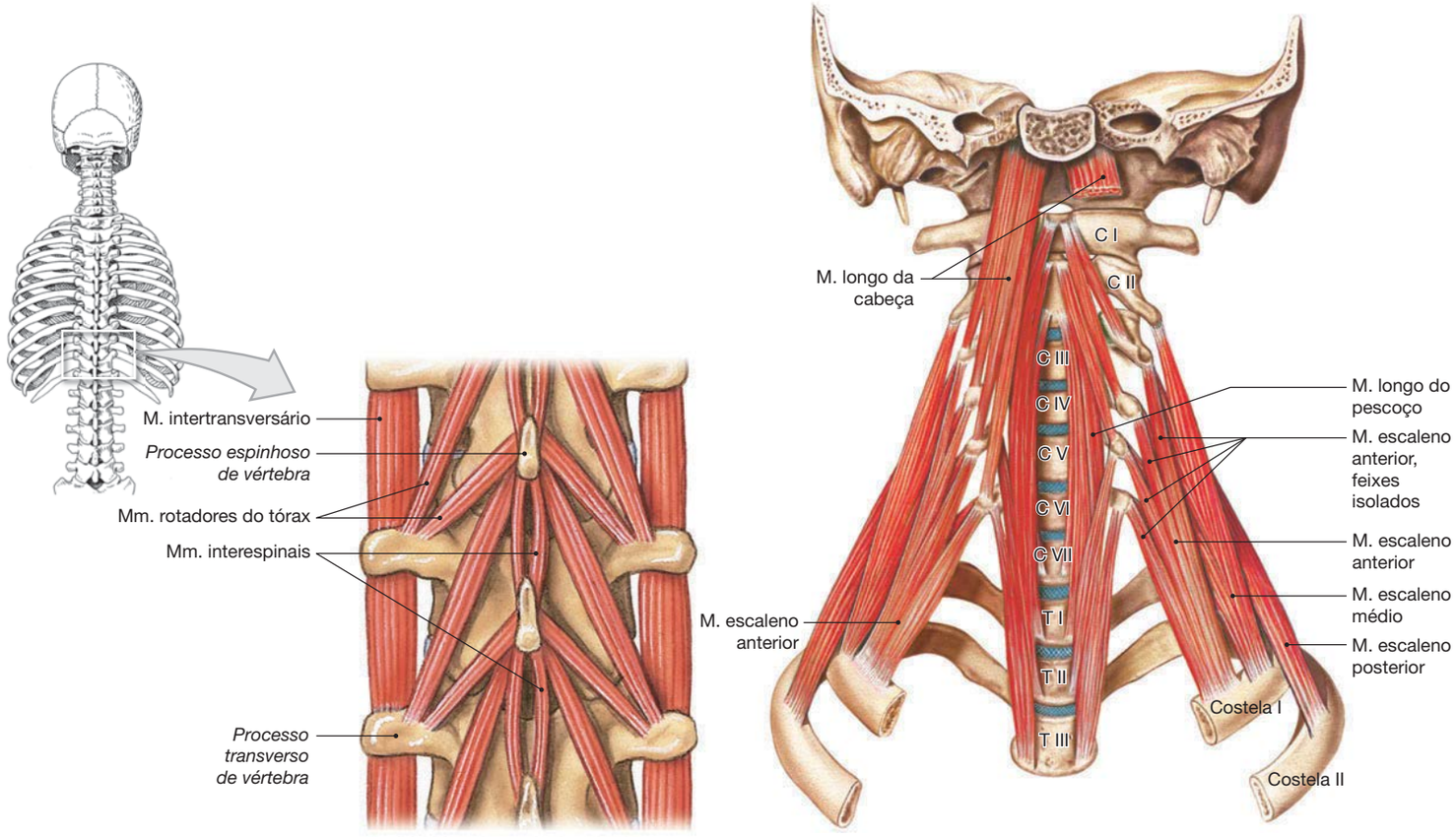


Figura 10.12 (***continuação***).

proximidade à coluna vertebral, sendo o grupo espinal o mais próximo e o iliocostal o mais distante. Nas regiões lombar inferior e sacral, torna-se difícil distinguir os limites entre os músculos longuíssimo e iliocostal. Quando contraídos em conjunto, os músculos eretores da espinha fazem a extensão da coluna vertebral. Quando os músculos contraem-se em apenas um lado, há uma flexão lateral da coluna vertebral.

A camada profunda dos músculos intrínsecos do dorso

Profundamente ao músculo espinal, os músculos da camada mais profunda interconectam e estabilizam as vértebras. Esses músculos, algumas vezes chamados de **músculos transverso-espinais**, incluem o grupo **semiespinal** e os **músculos multífidos**, **rotadores**, **interespinais** e **intertransversários** (Figura 10.12a,b). Todos esses músculos são relativamente curtos e trabalham em diversas combinações para produzir ligeira extensão ou rotação da coluna vertebral. Eles também são importantes para fazer delicados ajustes nas posições das vértebras individuais e para estabilizar vértebras adjacentes. Caso sejam lesados, esses músculos podem iniciar um ciclo de dor → estimulação do músculo → contração → dor. Isso pode levar à pressão em nervos espinais adjacentes, causando perdas sensitivas e limitando também a mobilidade. Muitos dos exercícios de aquecimento e alongamento, recomendados antes de eventos atléticos, têm a intenção de preparar esses pequenos porém muito importantes músculos para sua função de sustentação.

Músculos flexores da coluna vertebral

Os músculos da coluna vertebral incluem muitos extensores, mas poucos flexores. A coluna vertebral não precisa de um grande número de músculos flexores porque (1) muitos dos grandes músculos do tronco flexionam a coluna vertebral quando se contraem e (2) a maior parte do peso do corpo concentra-se na região anterior à coluna vertebral, e a gravidade tende a flexionar a coluna. Entretanto, alguns flexores da coluna vertebral estão associados à superfície anterior da coluna vertebral. No pescoço (Figura 10.12c), o **músculo longo da cabeça** e o **músculo longo do pescoço** rodam e fletem o pescoço, com sua contração unilateral ou bilateral. Na região lombar, o grande músculo **quadrado do lombo** flexiona a coluna vertebral e abaixa as costelas.

Músculos oblíquos e retos

[Figuras 10.12 a 10.14 e Tabela 10.8]

Os músculos dos grupos oblíquos e retos (Figuras 10.12 a 10.14 e Tabela 10.8) localizam-se entre a coluna vertebral e a linha mediana anterior. Os músculos oblíquos podem comprimir estruturas subjacentes ou rodar a coluna vertebral, atuando isolada ou conjuntamente. Os músculos retos são importantes flexores da coluna vertebral, atuando em oposição ao músculo eretor da espinha. Os músculos oblíquos e retos do tronco e o diafragma, que separa as cavidades abdominopélvica e torácica, apresentam a mesma origem embrionária. Os músculos oblíquos e retos podem ser divididos em grupos cervical, torácico e abdominal.

O grupo oblíquo inclui os **músculos escalenos** da região cervical e os **músculos intercostais** e **transversos** da região torácica. No pescoço, os *músculos escalenos anterior, médio* e *posterior* elevam as duas primeiras costelas e contribuem para a flexão do pescoço e da cabeça (Figura 10.12a,c). No tórax, os músculos oblíquos, localizados entre as costelas, são chamados de *músculos intercostais*. Os **músculos intercostais externos** são superficiais aos **músculos intercostais internos** (Figura 10.13a).

TABELA 10.7 Músculos da coluna vertebral

Grupo/Músculo	Inserção de origem (ponto fixo)	Inserção terminal (ponto móvel)	Ação	Inervação
CAMADA SUPERFICIAL				
Esplênio (esplênio da cabeça, esplênio do pescoço)	Processos espinhosos e ligamentos de conexão das vértebras cervicais inferiores e torácicas superiores	Processo mastóide, osso occipital e vértebras cervicais superiores	Os dois lados atuam em conjunto para estender a cabeça e o pescoço; isoladamente, roda e flete lateralmente a cabeça para o lado ipsilateral	Nervos espinais cervicais
Eretor da espinha				
GRUPO ESPINAL				
Espinal do pescoço	Porção inferior do ligamento nucal e processo espinhoso de C VII	Processo espinhoso do áxis	Estende o pescoço	Idem ao anterior
Espinal do tórax	Processos espinhosos das vértebras torácicas inferiores e lombares superiores	Processos espinhosos das vértebras torácicas superiores	Estende a coluna vertebral	Nervos espinais torácicos e lombares
GRUPO LONGUÍSSIMO				
Longuíssimo da cabeça	Processos transversos das vértebras cervicais inferiores e torácicas superiores	Processo mastóide do osso temporal	Os dois lados atuam em conjunto para estender a cabeça e o pescoço; isoladamente, roda e flete lateralmente a cabeça para o lado ipsilateral	Nervos espinais cervicais e torácicos
Longuíssimo do pescoço	Processos transversos das vértebras torácicas superiores	Processos transversos das vértebras cervicais superiores e médias	Idem ao anterior	Idem ao anterior
Longuíssimo do tórax	Larga aponeurose e processos transversos das vértebras torácicas inferiores e lombares superiores; une-se ao músculo iliocostal	Processos transversos das vértebras torácicas superiores e lombares, e margens inferiores das 10 costelas inferiores	Estende a coluna vertebral; isoladamente, produz flexão lateral para o lado ipsilateral	Nervos espinais torácicos e lombares
GRUPO ILIOCOSTAL				
Iliocostal do pescoço	Margens superiores das costelas próximas aos ângulos	Processos transversos das vértebras cervicais médias e inferiores	Estende ou flete lateralmente o pescoço, eleva as costelas	Nervos espinais cervicais e torácicos superiores
Iliocostal do tórax	Margens superiores das costelas VI-XII medialmente aos ângulos	Costelas superiores e processos transversos da última vértebra cervical	Estabiliza as vértebras torácicas em extensão	Nervos espinais torácicos
Iliocostal do lombo	Crista ilíaca, crista sacral e processos espinhosos lombares	Margens inferiores das costelas VI-XII próximas de seus ângulos	Estende a coluna vertebral e abaixa as costelas	Nervos espinais torácicos inferiores e lombares
MÚSCULOS PROFUNDOS (TRANSVERSO-ESPINAIS)				
Semiespinais				
Semiespinal da cabeça	Processos das vértebras cervicais inferiores e torácicas superiores	Osso occipital entre as linhas nucais	Em conjunto, estendem a cabeça e o pescoço; isoladamente, estende e flete lateralmente o pescoço e roda a cabeça para o lado oposto	Nervos espinais cervicais
Semiespinal do pescoço	Processos transversos de T I-T V ou T VI	Processos espinhosos de C II- C V	Estende a coluna vertebral e roda para o lado oposto	Idem ao anterior
Semiespinal do tóxax	Processos transversos de T VI-T X	Processos espinhosos de C V-T IV	Idem ao anterior	Nervos espinais torácicos
Multífidos	Sacro e processo transverso de cada vértebra	Processos espinhosos da terceira ou quarta vértebra acima do ponto fixo	Idem ao anterior	Nervos espinais cervicais torácicos e lombares
Rotadores (do pescoço, do tórax e do lombo)	Processos transversos das vértebras em cada região (cervical, torácica e lombar)	Processo espinhoso da vértebra adjacente acima do ponto fixo	Idem ao anterior	Idem ao anterior
Interespinais	Processos espinhosos de cada vértebra	Processos espinhosos da vértebra acima do ponto fixo	Estende a coluna vertebral	Idem ao anterior
Intertransversários	Processos transversos de cada vértebra	Processo transverso da vértebra acima do ponto fixo	Flete lateralmente a coluna vertebral	Idem ao anterior
FLEXORES DA COLUNA				
Longo da cabeça	Processos transversos das vértebras cervicais	Base do osso occipital	Em conjunto, fletem a cabeça e o pescoço; isoladamente, roda a cabeça para o lado ipsilateral	Nervos espinais cervicais
Longo do pescoço	Superfícies anteriores das vértebras cervicais e torácicas superiores	Processos transversos das vértebras cervicais superiores	Flete e/ou roda o pescoço; limita a hiperextensão	Idem ao anterior
Quadrado do lombo	Crista ilíaca e ligamento iliolombar	Última costela e processos transversos das vértebras lombares	Em conjunto, abaixam as costelas; isoladamente, produz flexão lateral da coluna vertebral; fixa as costelas flutuantes (XI e XII) durante a expiração forçada	Nervos espinais torácicos e lombares

Os dois grupos de músculos intercostais são importantes para os movimentos respiratórios das costelas. O pequeno **músculo transverso do tórax** cruza a superfície interna da caixa torácica e é recoberto pela túnica serosa (*pleura*) que limita a cavidade pleural.

No abdome, o mesmo padrão básico de musculatura estende-se de forma contínua pela parede abdominopélvica. A disposição cruzada da direção das fibras musculares nestes músculos fortalece a parede do abdome. Esses músculos são os **músculos oblíquos externo** e **interno do abdome**, o **músculo transverso do abdome** e o **músculo reto do abdome** (Figura 10.13a-d). Uma excelente forma de se compreender a relação entre esses músculos é observá-los em secção transversal (Figura 10.13b). O músculo reto do abdome insere-se no processo xifóide do esterno e estende-se até a proximidade da sínfise púbica. Esse músculo é limitado medial e longitudinalmente por uma partição mediana de colágeno, a **linha alba** (linha branca). As **intersecções tendíneas** transversais são bandas de tecido fibroso que dividem esse músculo em quatro segmentos repetidos (Figura 10.13a,d). A anatomia de superfície dos músculos oblíquos e reto do abdome é mostrada na Figura 10.13c.

O diafragma [Figura 10.14]

O termo *diafragma* refere-se a qualquer lâmina muscular que constitui uma parede. Entretanto, quando utilizado isoladamente, sem outro nome que o modifique, o termo **diafragma**, ou *músculo diafragmático*, especifica a divisória muscular que separa as cavidades abdominopélvica e torácica (Figura 10.14). O diafragma é o principal músculo da respiração: sua contração aumenta o volume da cavidade torácica e promove a inspiração; seu relaxamento diminui o volume para facilitar a expiração (os músculos da respiração serão estudados no Capítulo 24).

TABELA 10.8 Músculos oblíquos e retos

Grupo/Músculo	Inserção de origem (ponto fixo)	Inserção terminal (ponto móvel)	Ação	Inervação
GRUPO OBLÍQUO				
Região cervical				
Escalenos (anterior, médio e posterior)	Processos transversos das vértebras C II-C VII	Face superior das duas primeiras costelas	Eleva as costelas e/ou flexão do pescoço; unilateralmente, flete o pescoço e roda a cabeça e o pescoço para o lado oposto	Nervos espinais cervicais
Região torácica				
Intercostais externos	Margem inferior de cada costela	Margem superior da costela mais inferior	Eleva as costelas	Nervos intercostais (ramos anteriores de nervos espinais torácicos)
Intercostais internos	Margem superior de cada costela	Margem inferior da costela mais superior	Abaixa as costelas	Idem ao anterior
Transverso do tórax	Face posterior do esterno	Cartilagens costais	Idem ao anterior	Idem ao anterior
Serrátil posterior				
Superior	Processos espinhosos de C VII-T III e ligamento nucal	Margens superiores das costelas II-V, próximo aos ângulos	Eleva as costelas, expande a cavidade torácica	Nervos torácicos (T1-T4)
Inferior	Aponeurose a partir dos processos espinhosos de T X-L III	Margens inferiores das costelas VIII-XII	Traciona as costelas inferiormente; também traciona no sentido de expansão da cavidade torácica, opondo-se ao diafragma	Nervos torácicos (T9-T12)
Região abdominal				
Oblíquo externo do abdome	Face externa e margem inferior das costelas V-XII	Aponeurose do músculo oblíquo externo do abdome estendendo-se à linha alba e crista ilíaca	Comprime o abdome; abaixa as costelas; flete, flete lateralmente ou roda a coluna vertebral contralateralmente	Nervos intercostais T5-T12, nervos ilio-hipogástrico e ilioinguinal
Oblíquo interno do abdome	Aponeurose (fáscia) toracolombar e crista ilíaca	Face inferior das costelas IX-XII, cartilagens costais VIII-X, linha alba e osso púbis	Idem ao anterior, mas roda a coluna vertebral ipsilateralmente	Idem ao anterior
Transverso do abdome	Cartilagens costais das costelas II-VI, crista ilíaca e aponeurose (fáscia) toracolombar	Linha alba e osso púbis	Comprime o abdome	Idem ao anterior
GRUPO RETO				
Região cervical	*Inclui os músculos genio-hióideo, omo-hióideo, esterno-hióideo, esternotireóideo e tireo-hióideo na Tabela 10.6*			
Região torácica				
Diafragma	Processo xifóide, costelas VII-XII e cartilagens costais associadas, e faces anteriores das vértebras lombares	Centro tendíneo do diafragma	A contração expande a cavidade torácica, comprime a cavidade abdominopélvica	Nervos frênicos (C3-C5)
Região abdominal				
Reto do abdome	Face superior do púbis ao redor da sínfise púbica	Face inferior das cartilagens costais (V-VII) e processo xifóide do esterno	Abaixa as costelas, flete a coluna vertebral e comprime o abdome	Nervos intercostais (T7-T12)

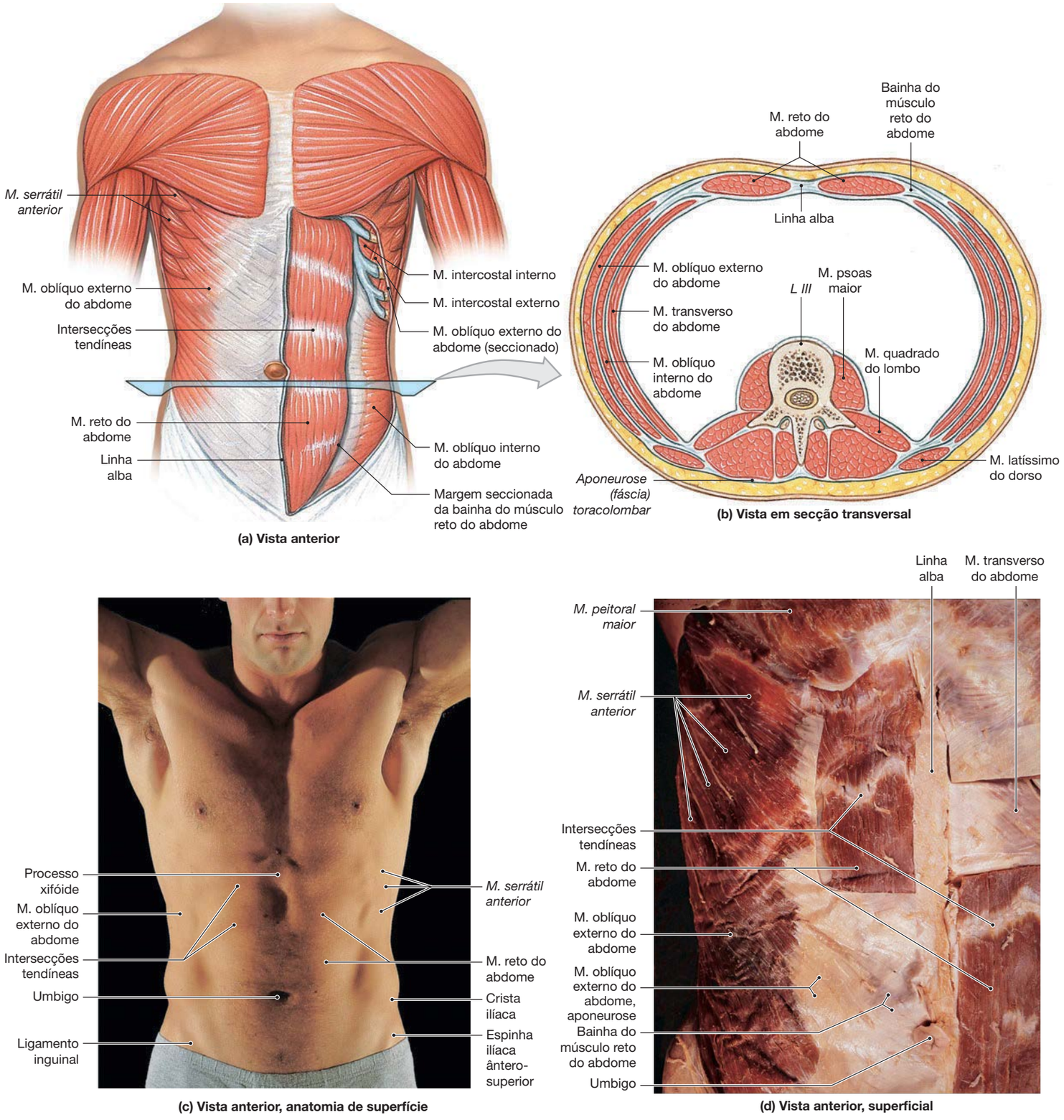


Figura 10.13 Os músculos retos e oblíquos.

Os músculos oblíquos comprimem as estruturas subjacentes entre a coluna vertebral e a linha mediana anterior; os músculos retos são flexores da coluna vertebral. **(a)** Vista anterior do tronco, mostrando músculos superficiais e profundos dos grupos musculares retos e oblíquos; plano de secção mostrado na imagem (b). **(b)** Secção transversal diagramática na região abdominal. **(c)** Anatomia de superfície da parede abdominal, vista anterior. O músculo serrátil anterior, visto nas imagens (a) e (c), é um músculo apendicular, detalhado no Capítulo 11. **(d)** Cadáver, vista superficial anterior da parede abdominal. *Ver também Figuras 6.19, 6.26 e 7.11.*

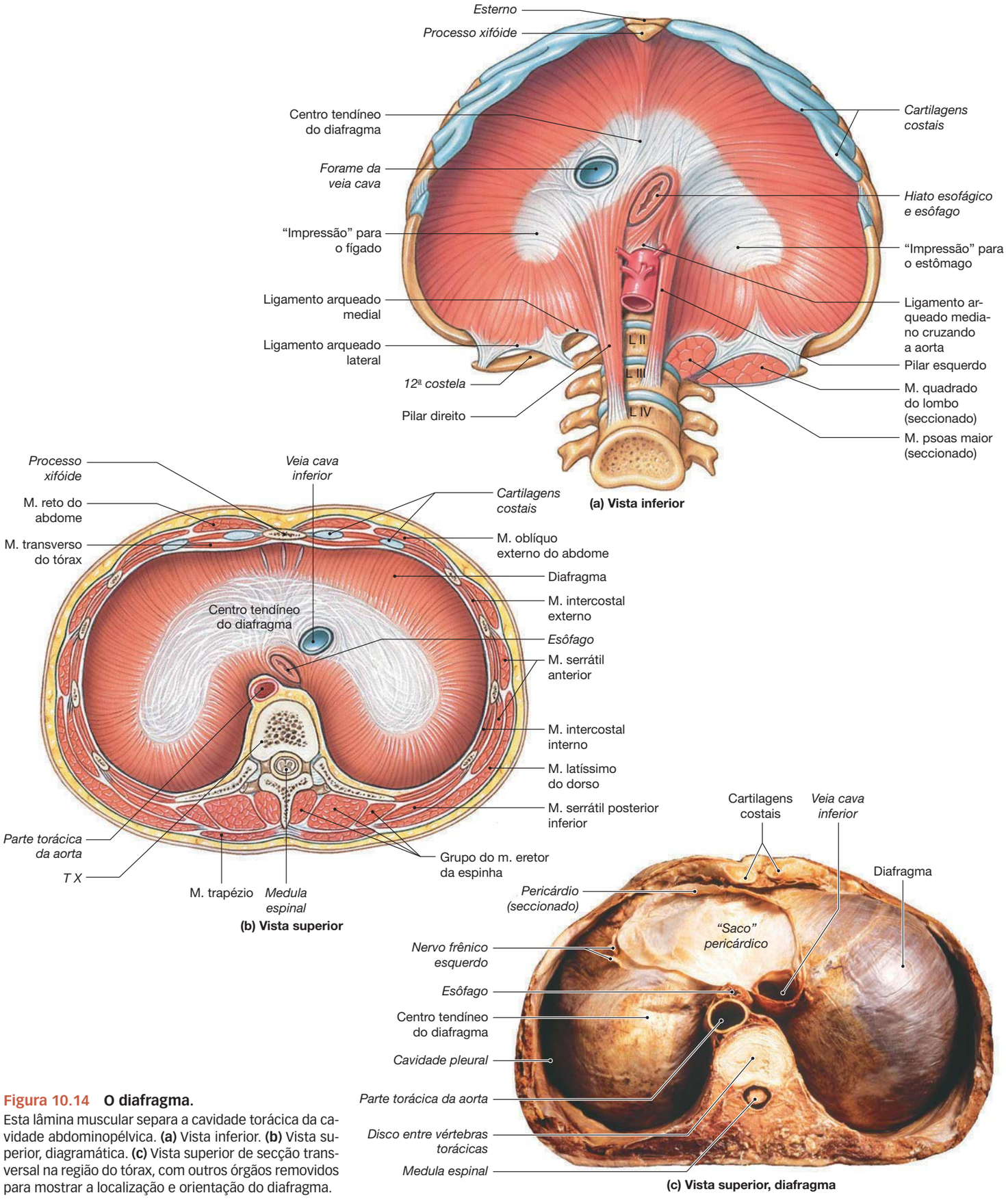


Figura 10.14 O diafragma.
Esta lâmina muscular separa a cavidade torácica da cavidade abdominopélvica. **(a)** Vista inferior. **(b)** Vista superior, diagramática. **(c)** Vista superior de secção transversal na região do tórax, com outros órgãos removidos para mostrar a localização e orientação do diafragma.

Músculos do períneo e do diafragma da pelve [Figura 10.16 e Tabelas 10.9 e 10.10]

Os músculos do períneo e do diafragma da pelve se estendem do sacro e do cóccix até o ísquio e o púbis. Esses músculos (1) sustentam os órgãos na cavidade pélvica, (2) fletem as articulações do sacro e do cóccix e (3) controlam o movimento de materiais através da uretra e do canal anal (Figura 10.16 e Tabelas 10.9 e 10.10).

Os limites do **períneo** (o soalho pélvico e estruturas associadas) são estabelecidos pelas margens inferiores da pelve. Uma linha imaginária passando entre os túberes isquiáticos direito e esquerdo dividirá o períneo em dois trígonos: um anterior, ou **trígono urogenital**, e um posterior, ou **trígono anal** (Figura 10.16b). Os músculos superficiais do trígono anterior são os músculos relacionados aos órgãos genitais externos. Eles se sobrepõem aos músculos mais profundos que fortalecem o soalho pélvico e circundam a uretra. Esses músculos profundos constituem o "**diafragma urogenital**", uma camada muscular que se estende entre os ossos púbis.

Uma lâmina muscular ainda mais extensa, o **diafragma da pelve**, forma a base muscular do trígono anal. Essa camada estende-se súpero-anteriormente ao "diafragma urogenital", até a sínfise púbica.

O "diafragma urogenital" e o diafragma da pelve não ocluem completamente a abertura inferior da pelve porque a uretra, a vagina e o canal anal o atravessam para abrir-se no ambiente externo. Os esfíncteres musculares circundam a abertura destas estruturas anatômicas e permitem o controle voluntário da micção e defecação. Músculos, nervos e vasos sangüíneos também passam através da abertura da pelve ao longo dos seus trajetos para ou a partir dos membros inferiores.

REVISÃO DOS CONCEITOS

1. Uma lesão dos músculos intercostais externos interferiria em que processo importante?
2. Se alguém o atingisse no músculo reto do abdome, como a posição de seu corpo seria modificada?
3. Qual é a função dos músculos do diafragma da pelve?
4. Qual é a função do diafragma?

Veja a seção de Respostas na parte final do livro.

Resumo de embriologia

Para um resumo do desenvolvimento da musculatura axial, consulte o Capítulo 28 (Embriologia e Desenvolvimento Humano).

Nota clínica

Hérnias Quando os músculos abdominais contraem-se fortemente, a pressão na cavidade abdominopélvica pode aumentar de forma drástica. Essa pressão é aplicada a órgãos internos. Se o indivíduo expira, ao mesmo tempo a pressão é aliviada porque o diafragma pode elevar-se enquanto os pulmões se esvaziam. Entretanto, durante vigorosos exercícios isométricos ou ao se levantar um peso e prender a respiração, a pressão na cavidade abdominopélvica pode subir até 106 kg/cm^2, aproximadamente 100 vezes a pressão normal. Uma pressão tão alta pode causar uma diversidade de problemas, inclusive hérnias. Uma hérnia se desenvolve quando uma víscera, ou parte dela, se projeta através de uma abertura na parede musculoaponeurótica. Há vários tipos de hérnias; aqui consideraremos somente as *hérnias inguinais* e as *hérnias diafragmáticas*.

Tardiamente no desenvolvimento de fetos masculinos, os testículos descem ao escroto através da parede abdominal passando pelo **canal inguinal**. Em homens adultos, o ducto deferente e os vasos sangüíneos associados atravessam a parede abdominal pelo canal inguinal, como *funículo espermático*, em seu trajeto para os órgãos genitais de origem abdominal. Em uma **hérnia inguinal**, o canal inguinal se alarga e o conteúdo abdominal, como uma porção do omento maior, intestino delgado ou (mais raramente) a bexiga urinária, penetram o canal inguinal (Figura 10.15). Se as estruturas herniadas estiverem "estranguladas" ou torcidas, pode ser necessária uma cirurgia para prevenir complicações mais sérias. As hérnias inguinais não são sempre causadas por pressões abdominais extremas; lesões no abdome, fraqueza muscular hereditária ou distensão do canal inguinal podem ter o mesmo efeito*.

O esôfago e os grandes vasos sangüíneos passam por aberturas no diafragma, o músculo que separa as cavidades torácica e abdominopélvica. Em uma **hérnia diafragmática**, órgãos abdominais deslizam para a cavidade torácica. Se a entrada for através do *hiato esofágico*, a passagem utilizada pelo esôfago, observa-se uma *hérnia de hiato* (*hiatus*, abertura ou fenda). A gravidade dessa condição depende do local e do tamanho do órgão ou órgãos herniados. Hérnias de hiato são muito comuns, e a maioria não é diagnosticada, embora possam aumentar a passagem de suco gástrico para o esôfago (doença do refluxo gastresofágico, ou DRGE, comumente causando azia). Os radiologistas as observam em cerca de 30% dos indivíduos cujo trato gastrintestinal superior é examinado por meio de técnicas de contraste com bário.

Quando outras complicações clínicas, que não a DRGE, se desenvolvem, geralmente ocorrem porque órgãos abdominais que foram empurrados para a cavidade torácica exercem pressão nas estruturas ou órgãos ali presentes. Como as hérnias inguinais, uma hérnia diafragmática pode resultar de fatores congênitos ou de lesões que laceram ou enfraquecem o diafragma. Nos casos em que os órgãos abdominais passam a ocupar a cavidade torácica durante o desenvolvimento fetal, os pulmões podem estar pouco desenvolvidos ao nascimento.

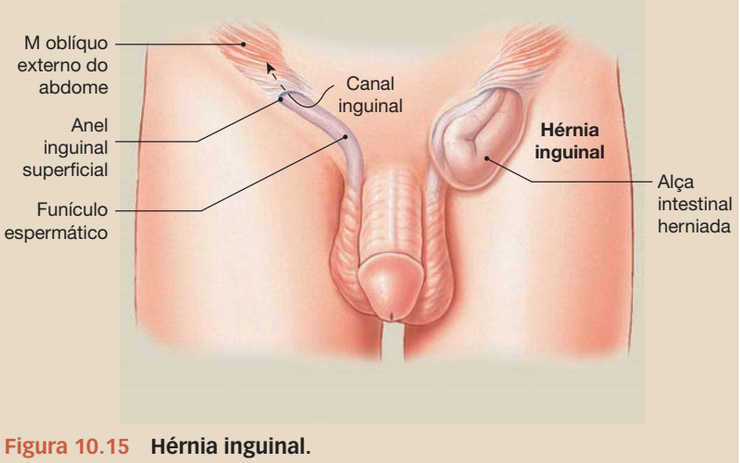


Figura 10.15 **Hérnia inguinal.**

* N. de R.T. A fisiopatologia das hérnias inguinais também pode estar relacionada à manutenção da permeabilidade do conduto peritoniovaginal e/ou à formação e ao tipo de colágeno que constitui os tecidos da parede abdominopélvica.

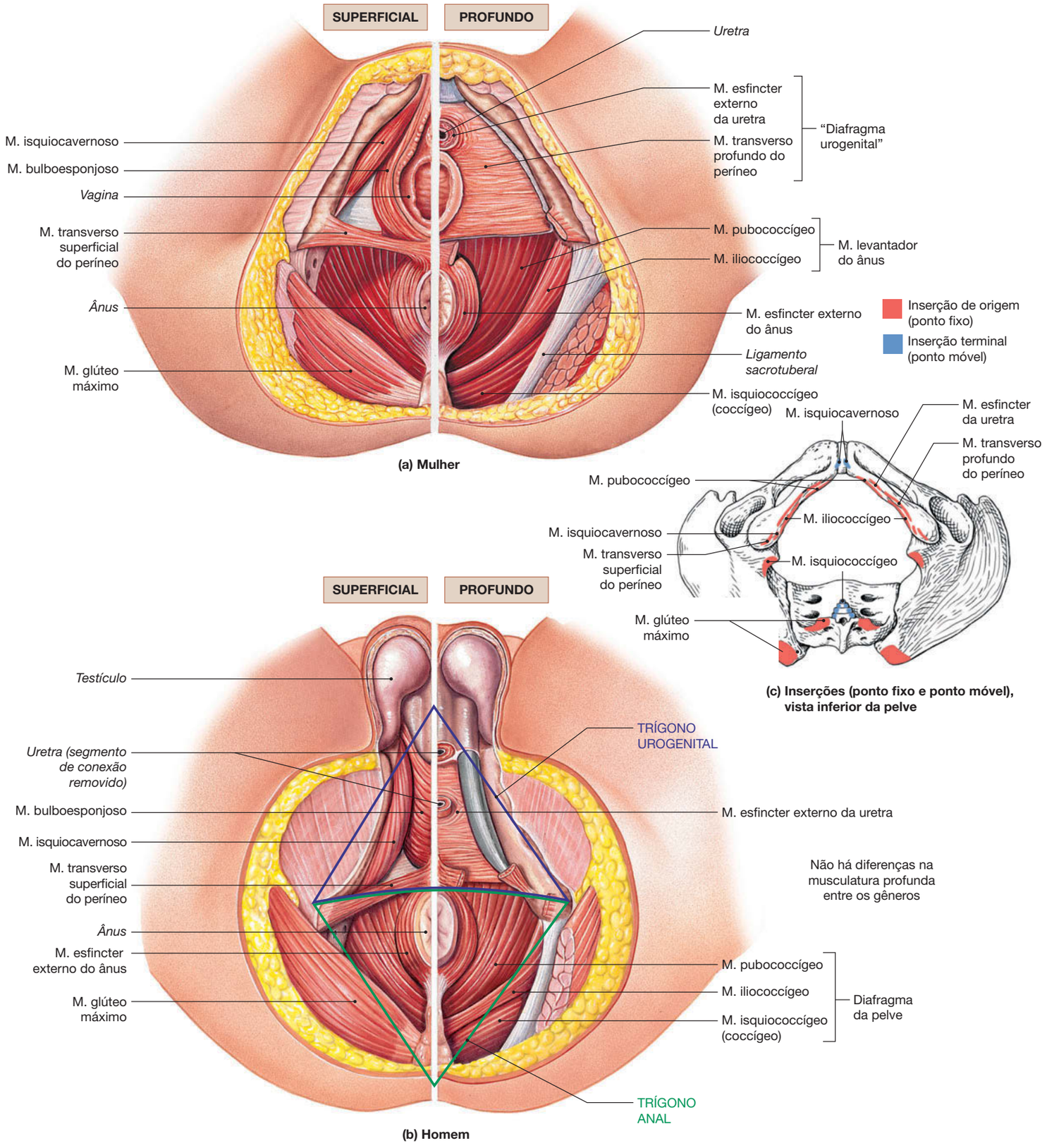


Figura 10.16 Músculos do soalho da pelve.

Os músculos do soalho da pelve ocupam o trígono urogenital e o trígono anal para sustentar os órgãos da cavidade pélvica, fletir o sacro e o cóccix e controlar o movimento de material através da uretra e do canal anal. **(a)** Vista inferior, mulher. **(b)** Vista inferior, homem. **(c)** Inserções (ponto fixo e ponto móvel) selecionadas. *Ver também Figuras 7.10 a 7.12*.

TABELA 10.9 Músculos do períneo

Grupo/Músculo	Inserção de origem (ponto fixo)	Inserção terminal (ponto móvel)	Ação	Inervação
TRÍGONO UROGENITAL				
Músculos superficiais				
Bulboesponjoso				
Homem	Corpo do períneo (centro do períneo) e rafe mediana	Corpo esponjoso, membrana do períneo e corpo cavernoso	Comprime a raiz do pênis, fixa o bulbo do pênis, atua na ejaculação e micção	Nervo pudendo e nervos perineais (S2-S4)
Mulher	Corpo do períneo (centro do períneo)	Bulbo do vestíbulo, membrana do períneo, corpo do clitóris, corpo cavernoso	Comprime e fixa o bulbo do clitóris, estreita o óstio vaginal	Idem ao anterior
Isquiocavernoso	Ramo e túber isquiático	Corpo cavernoso do pênis ou clitóris; também para o ramo isquiopúbico (somente em mulheres)	Comprime e fixa o ramo do pênis ou clitóris, ajudando a manter a ereção	Idem ao anterior
Transverso superficial do períneo	Ramo do ísquio	Corpo do períneo	Estabiliza o corpo do períneo	Idem ao anterior
Músculos profundos				
Transverso profundo do períneo	Ramo do ísquio	Rafe mediana do "diafragma urogenital"	Idem ao anterior	Idem ao anterior
Esfincter externo da uretra				
Homem	Ramos do ísquio e do púbis	Para a rafe mediana na base do pênis; fibras internas circundam a uretra	Fecha a uretra; comprime a próstata e as glândulas bulbo-uretrais	Idem ao anterior
Mulher	Ramos do ísquio e do púbis	Para a rafe mediana; fibras internas circundam a uretra	Fecha a uretra; comprime a vagina e as glândulas vestibulares maiores	Idem ao anterior

TABELA 10.10 Músculos do diafragma da pelve

Grupo/Músculo	Inserção de origem (ponto fixo)	Inserção terminal (ponto móvel)	Ação	Inervação
TRÍGONO ANAL				
Isquiococcígeo (coccígeo)	Espinha isquiática	Margens laterais inferiores do sacro e cóccix	Flete a articulação do cóccix; eleva e sustenta o soalho da pelve	Nervos sacrais inferiores (S4-S5)
Levantador do ânus				
Iliococcígeo	Espinha isquiática, púbis	Cóccix e rafe mediana	Tensiona o soalho da pelve, sustenta os órgãos pélvicos, flete a articulação do cóccix, eleva e retrai o ânus	Nervo pudendo (S2-S4)
Pubococcígeo	Superfícies internas do púbis	Idem ao anterior	Idem ao anterior	Idem ao anterior
Esfincter externo do ânus	Via tendão a partir do cóccix	Circunda o canal anal	Fecha o ânus	Nervo pudendo e nervos anais (retais) inferiores (S2-S4)

TERMOS CLÍNICOS

Hérnia: Uma condição que afeta um órgão ou parte do corpo que se projeta através de uma abertura anatômica, comunicando duas cavidades adjacentes e/ou uma cavidade e a superfície do corpo.

Hérnia diafragmática (hérnia de hiato): Uma hérnia que ocorre quando órgãos abdominais deslizam para a cavidade torácica através de uma abertura no diafragma.

Hérnia inguinal: Uma condição na qual o canal inguinal se amplia e o conteúdo abdominal é forçado para o canal inguinal.

RESUMO PARA ESTUDO

Introdução 262

1. A classificação do sistema esquelético em divisões axial e apendicular fornece uma diretriz útil para a subdivisão do sistema muscular. A **musculatura axial** insere-se no esqueleto axial, posiciona a cabeça e a coluna vertebral e contribui para a movimentação da caixa torácica, o que torna possível a respiração.

A musculatura axial 262

1. A musculatura axial insere-se no esqueleto axial; posiciona a cabeça e a coluna vertebral e movimenta a caixa torácica. A musculatura apendicular estabiliza ou movimenta os componentes do esqueleto apendicular. (*ver Figuras 10.1/10.2*)
2. Os músculos axiais são organizados em quatro grupos com base na sua localização/função. Esses grupos são (1) *músculos da cabeça e pescoço*, (2) *músculos da coluna vertebral*, (3) *músculos retos* e *músculos oblíquos*, incluindo o *diafragma*, e (4) *músculos do diafragma da pelve*.
3. A organização dos músculos em quatro grupos inclui descrições de sua inervação. A **inervação** refere-se à identificação do nervo que controla um determinado músculo, e está incluída também em todas as tabelas de músculos.

Músculos da cabeça e pescoço 263

4. Os músculos da cabeça e pescoço estão divididos em vários grupos: (1) os *músculos da face (expressão facial)*, (2) os *músculos extrínsecos do bulbo do olho*, (3) os *músculos da mastigação*, (4) os *músculos da língua*, (5) os *músculos da faringe* e (6) os *músculos anteriores do pescoço*.
5. Os músculos envolvidos na visão e audição estão situados no crânio.
6. Os músculos da face originam-se na superfície do crânio. O maior grupo está associado à boca e inclui o **orbicular da boca** e o **bucinador**. O ventre frontal e o ventre occipital do músculo **occipitofrontal** controlam os movimentos das sobrancelhas, da fronte e do couro cabeludo. O platisma tensiona a pele do pescoço e abaixa a mandíbula. (*ver Figuras 10.3 a 10.16 e Tabela 10.1*)
7. Os seis **músculos extrínsecos do bulbo do olho** controlam a posição do olho e seus movimentos. Estes são os **músculos retos inferior**, **lateral**, **medial** e **superior do bulbo do olho** e os **oblíquos superior** e **inferior do bulbo do olho**. (*ver Figura 10.5 e Tabela 10.2*)
8. Os músculos da mastigação atuam na mandíbula. São eles o **músculo masseter**, o **músculo temporal** e os **músculos pterigóideos** (*medial e lateral*). (*ver Figura 10.6 e Tabela 10.3*)
9. Os músculos da língua são necessários à fala e à deglutição, contribuindo também para a mastigação. Os nomes desses músculos apresentam a terminação *glosso,* significando "língua". Esses músculos são **genioglosso**, **hioglosso**, **palatoglosso** e **estiloglosso**. (*ver Figura 10.8 e Tabela 10.4*)
10. Os músculos da faringe são importantes no processo da deglutição. Esses músculos incluem os **constritores da faringe**, os levantadores da faringe (**palatofaríngeo, salpingofaríngeo** e **estilofaríngeo**), e os músculos do véu palatino, que elevam o palato mole. (*ver Figura 10.9 e Tabela 10.5*)
11. Os músculos anteriores do pescoço controlam a posição da laringe, abaixam a mandíbula e fornecem a base para os músculos da língua e da faringe. Eles incluem o **digástrico**, o **milo-hióideo**, o **estilo-hióideo** e o **esternocleidomastóideo**. (*ver Figuras 10.3/10.4/10.10/10.11 e Tabela 10.6*)

Músculos da coluna vertebral 271

12. Os músculos do dorso são dispostos em três camadas distintas (superficial, média e profunda). Os *músculos extrínsecos do dorso* são mais superficiais e estão divididos em duas camadas musculares, ambas inervadas por ramos anteriores de nervos espinais. Os músculos extrínsecos do dorso mais superficiais se estendem do esqueleto axial ao membro superior e estão envolvidos na movimentação dos membros superiores.
13. Somente a camada mais profunda é constituída pelos *músculos intrínsecos (próprios) do dorso*. Os músculos intrínsecos do dorso são inervados por ramos posteriores de nervos espinais e interconectam as vértebras.
14. Os músculos intrínsecos do dorso também são dispostos em camadas (superficial, média e profunda). A camada superficial contém os músculos esplênios do pescoço e da região superior do tórax, enquanto o grupo médio é constituído pelos músculos *eretores da espinha*. A camada profunda é composta dos *músculos transverso-espinais* que incluem os músculos do **grupo semiespinal** e os músculos **multífidos**, **rotadores**, **interespinais** e **intertransversários**. Esses músculos interconectam e estabilizam as vértebras. (*ver Figura 10.12 e Tabela 10.7*)
15. Outros músculos da coluna vertebral incluem o **longo da cabeça** e o **longo do pescoço**, que rodam e fletem o pescoço, e os **músculos quadrados do lombo**, na região lombar, que fletem a coluna vertebral e abaixam as costelas. (*ver Figura 10.12 e Tabela 10.7*)

Músculos oblíquos e retos 274

16. Os músculos oblíquos e retos localizam-se entre a coluna vertebral e a linha mediana anterior. Os músculos abdominais (**músculo oblíquo externo do abdome** e **músculo oblíquo interno do abdome**) comprimem as estruturas subjacentes ou rodam a coluna vertebral; o **músculo reto do abdome** é um flexor da coluna vertebral.
17. Os músculos oblíquos do pescoço e do tórax incluem os músculos **escalenos**, **intercostais** e **transversos**. Os **intercostais externos** e **intercostais internos** são importantes nos movimentos respiratórios das costelas. (*ver Figura 10.13 e Tabela 10.8*)
18. O **diafragma** também é importante na respiração. Ele separa as cavidades abdominopélvica e torácica. (*ver Figura 10.14*)

Músculos do períneo e do diafragma da pelve 279

19. Os músculos do períneo e do diafragma da pelve se estendem do sacro e do cóccix até o ísquio e o púbis. Esses músculos (1) sustentam os órgãos da cavidade pélvica, (2) fletem as articulações do sacro e do cóccix e (3) controlam o movimento de materiais através da uretra e do canal anal.
20. O **períneo** (o soalho pélvico e estruturas associadas) pode ser dividido em dois trígonos: o **trígono urogenital**, anterior, e o **trígono anal,** posterior. O soalho pélvico consiste no "**diafragma urogenital**" e no **diafragma da pelve**. (*ver Figura 10.16 e Tabelas 10.9 e 10.10*)

REVISÃO DO CAPÍTULO

Para respostas às questões da Revisão dos Conceitos e Revisão do Capítulo, veja a seção de Respostas na parte final do livro.

Nível 1 – Revisão de fatos e termos

Associe cada item numerado com a letra do item que melhor se relaciona. Utilize letras para as respostas nos espaços apropriados.

Coluna A (músculo)

__ 1. espinal
__ 2. do períneo
__ 3. bucinador
__ 4. extrínsecos do bulbo do olho
__ 5. intercostais
__ 6. estilo-hióideo
__ 7. reto inferior
__ 8. temporal
__ 9. platisma
__10. estiloglosso

Coluna B (ação)

a. comprime as bochechas
b. eleva a laringe
c. tensiona a pele do pescoço
d. soalho pélvico/estruturas associadas
e. eleva a mandíbula
f. movimentam as costelas
g. retrai a língua
h. estende a cabeça
i. músculos do olho
j. roda o olho no sentido inferior

11. Qual(is) dos seguintes músculos não comprime(m) o abdome?
    (a) diafragma
    (b) intercostais internos
    (c) oblíquo externo do abdome
    (d) reto do abdome

12. O músculo que se insere no púbis é o:
    (a) oblíquo interno do abdome
    (b) reto do abdome
    (c) transverso do abdome
    (d) escaleno

13. A crista ilíaca apresenta a inserção de origem do músculo:
    (a) quadrado do lombo
    (b) iliocostal do pescoço
    (c) longuíssimo do pescoço
    (d) esplênio

14. Qual dos itens a seguir descreve a ação do músculo digástrico?
    (a) eleva a laringe
    (b) eleva a laringe e abaixa a mandíbula
    (c) abaixa a laringe
    (d) eleva a mandíbula

15. Qual dos seguintes músculos tem sua inserção nas cartilagens costais?
    (a) diafragma
    (b) intercostal externo
    (c) transverso do tórax
    (d) escaleno

16. Alguns músculos da língua são inervados pelo nervo:
    (a) hipoglosso (XII)
    (b) troclear (IV)
    (c) abducente (VI)
    (d) os itens b e c estão corretos

17. Todos os itens a seguir são afirmações verdadeiras sobre os músculos do soalho pélvico, exceto:
    (a) estendem-se entre o sacro e o cíngulo do membro inferior
    (b) formam o períneo
    (c) realizam o ajuste delicado dos movimentos da coxa em relação à pelve
    (d) circundam os óstios na abertura inferior da pelve

18. Os músculos axiais da coluna vertebral controlam a posição da:
    (a) cabeça, pescoço e cíngulo do membro superior
    (b) cabeça, pescoço e coluna vertebral
    (c) coluna vertebral apenas
    (d) coluna vertebral e cíngulos dos membros superior e inferior

19. Os músculos escalenos têm sua inserção de origem:
    (a) nos processos transversos das vértebras cervicais
    (b) na margem inferior da costela imediatamente superior
    (c) nas cartilagens costais
    (d) na aponeurose (fáscia) toracolombar e na crista ilíaca

20. A lesão de que nervo craniano é mais provável quando o paciente não consegue movimentar lateralmente o olho direito?
    (a) nervo oculomotor
    (b) nervo trigêmeo
    (c) nervo facial
    (d) nervo abducente

Nível 2 – Revisão de conceitos

1. Durante uma cirurgia abdominal, o cirurgião faz uma incisão no músculo localizado imediatamente à direita da linha alba. O músculo em questão seria o:
    (a) digástrico
    (b) oblíquo externo do abdome
    (c) reto do abdome
    (d) escaleno

2. Rui ouve um barulho alto e rapidamente eleva seus olhos e olha para cima na direção do som. Para executar essa ação, ele precisa acionar o músculo:
    (a) reto superior do bulbo do olho
    (b) reto inferior do bulbo do olho
    (c) oblíquo superior do bulbo do olho
    (d) reto lateral do bulbo do olho

3. Qual(is) destes músculos não executa(m) nenhuma função durante o ato da deglutição?
    (a) constritor superior da faringe
    (b) pterigóideos
    (c) palatofaríngeo
    (d) estilofaríngeo

4. Quais das seguintes características são comuns aos músculos da mastigação?
    (a) compartilham a inervação, pelo nervo oculomotor
    (b) também são músculos da expressão facial
    (c) movimentam a mandíbula na articulação temporomandibular
    (d) permitem que a pessoa sorria

5. Os músculos da coluna vertebral incluem muitos músculos extensores na região dorsal, mas poucos flexores na região ventral. Por quê?

6. Que função desempenham os músculos da língua durante a deglutição?

7. Qual é o efeito da contração do músculo oblíquo interno do abdome?

8. Quais são as funções dos músculos anteriores do pescoço?

9. Qual é a função do diafragma? Por que ele está incluído na musculatura axial?

10. Quais músculos da coluna vertebral estão envolvidos no controle da posição da cabeça?

Nível 3 – Pensamento crítico

1. Como os músculos do trígono anal controlam as funções desta área?

2. Maria observa que Gil caminha em sua direção e imediatamente contrai seus músculos frontal e prócero. Maria está feliz ao ver Gil? Explique.

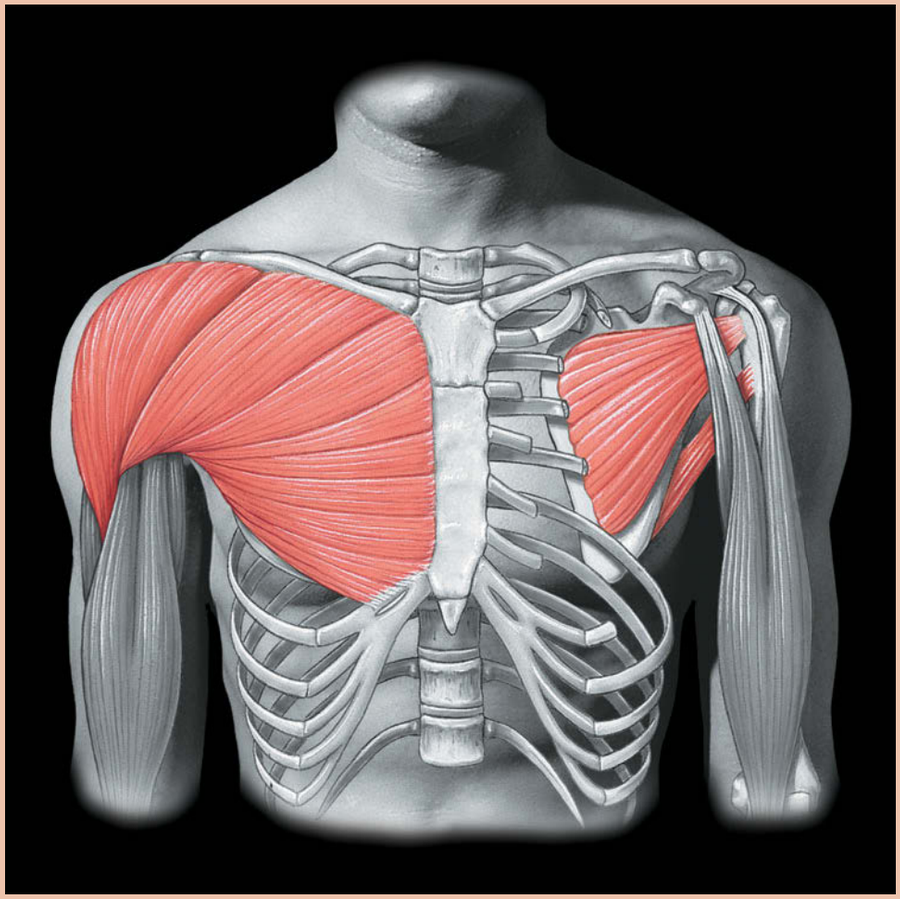
11

O Sistema Muscular

Musculatura Apendicular

OBJETIVOS DO CAPÍTULO:

1. Descrever as funções da musculatura apendicular.
2. Identificar e localizar os principais músculos apendiculares do corpo, bem como suas origens e inserções, e descrever suas inervações e ações.
3. Comparar os principais grupos musculares dos membros superiores e inferiores e relacionar as diferenças com as variações em suas funções.
4. Descrever e comparar as fáscias dos compartimentos do braço, do antebraço, da coxa e da perna.



Introdução 285

Fatores que afetam a função da musculatura apendicular 285

Músculos do cíngulo do membro superior e membros superiores 285

Músculos do cíngulo do membro inferior e membros inferiores 302

Fáscias, camadas e compartimentos musculares 318

O presente capítulo descreverá a **musculatura apendicular.** Estes músculos são responsáveis pela estabilização dos cíngulos do membro superior e inferior e pela movimentação dos membros superiores e inferiores. Os músculos apendiculares correspondem a cerca de 40% dos músculos esqueléticos do corpo.

Esta discussão pressupõe uma compreensão da anatomia do esqueleto; é possível obter mais informações observando as figuras nos Capítulos 6 e 7, especialmente as referidas nas legendas das figuras deste capítulo.

Há dois grupos principais de músculos apendiculares: (1) os músculos do cíngulo do membro superior e dos membros superiores, e (2) os músculos do cíngulo do membro inferior e dos membros inferiores. As funções e a amplitude dos movimentos exigidos diferem bastante entre esses grupos. As conexões musculares entre o cíngulo do membro superior e o esqueleto axial aumentam a mobilidade do membro superior porque a posição dos elementos esqueléticos não fica travada em relação ao esqueleto axial. As conexões musculares atuam também como amortecedores de impactos. Por exemplo, as pessoas podem correr e ainda assim executar movimentos delicados com as mãos porque os músculos apendiculares absorvem e suavizam os impactos da corrida. Diferentemente desta situação, o cíngulo do membro inferior desenvolveu uma forte conexão com o esqueleto para transferir o peso do esqueleto axial para o apendicular. A ênfase é concentrada mais na força do que na versatilidade, e as mesmas características que reforçam as articulações limitam a amplitude do movimento. ∞ págs. 208-210

Fatores que afetam a função da musculatura apendicular

Este capítulo descreverá as inserções de origem (ponto fixo) e inserções terminais (ponto móvel), ações e inervações dos músculos apendiculares. Para evitar perder-se em detalhes, você precisará lembrar-se de relacionar a informação anatômica com as funções musculares. O objetivo da anatomia não é a memorização, e sim a compreensão. Use o seu conhecimento para fazer deduções e teste-se. Se você sabe a inserção de origem e a inserção terminal de um músculo, você deve ser capaz de prever sua ação; se sabe a inserção de origem e a ação, pode deduzir a provável inserção terminal. As várias figuras deste capítulo o auxiliarão a adquirir informações importantes e a compreender as relações tridimensionais das estruturas envolvidas.

A ação produzida por um músculo em qualquer articulação é em grande parte dependente da estrutura da articulação e da localização da inserção do músculo em relação ao eixo do movimento na articulação. A amplitude do movimento de uma articulação depende do seu desenho anatômico e do tipo de articulação: monoaxial, biaxial ou triaxial. ∞ págs. 206, 209 Saber os movimentos permitidos pela anatomia de uma determinada articulação o auxilia a entender ou deduzir as ações de um determinado músculo sobre essa articulação. Por exemplo, como o cotovelo é uma articulação em dobradiça, nenhum dos músculos associados pode causar rotação do cotovelo.

Uma vez conhecendo a amplitude dos movimentos possíveis, a orientação de um músculo relacionado a uma articulação o ajudará a determinar a ação do músculo nessa articulação. Os músculos desenvolvem tensão por encurtamento. Se você fixar a extremidade de um cordão na inserção de origem de um músculo e a outra extremidade na sua inserção terminal, o cordão seguirá a direção da tensão aplicada. Isso é conhecido como *linha de ação do músculo.* Uma vez determinada a linha de ação de um músculo, as seguintes regras podem ser aplicadas:

1. Nas articulações que permitem flexão e extensão, músculos cujas linhas de ação cruzam anteriormente uma articulação são flexores dessa articulação, e os músculos cujas linhas de ação cruzam posteriormente uma articulação são extensores dessa articulação.
2. Nas articulações que permitem adução e abdução, os músculos cujas linhas de ação cruzam medialmente a articulação são adutores dessa articulação, e os músculos cujas linhas de ação cruzam lateralmente uma articulação são abdutores dessa articulação.
3. Nas articulações que permitem rotação, os músculos cujas linhas de ação cruzam medialmente a articulação podem produzir rotação medial nessa articulação, enquanto os músculos cujas linhas de ação passam lateralmente à articulação podem produzir rotação lateral nessa articulação.

A determinação do local da inserção terminal de um músculo em relação ao eixo da articulação irá fornecer detalhes adicionais a respeito das funções do músculo nessa articulação. A ação principal de um músculo cuja inserção terminal está próxima à articulação será produzir movimento em tal articulação. Contudo, um músculo cuja inserção terminal está consideravelmente distante da articulação irá em geral auxiliar a estabilizar essa articulação, *além de* produzir movimento nessa articulação (**Figura 11.1**).

Músculos do cíngulo do membro superior e membros superiores [Figuras 11.2/11.5]

Os músculos associados com o cíngulo do membro superior e os membros superiores podem ser divididos em quatro grupos: (1) *músculos que posicionam o cíngulo do membro superior*, (2) *músculos que movimentam*

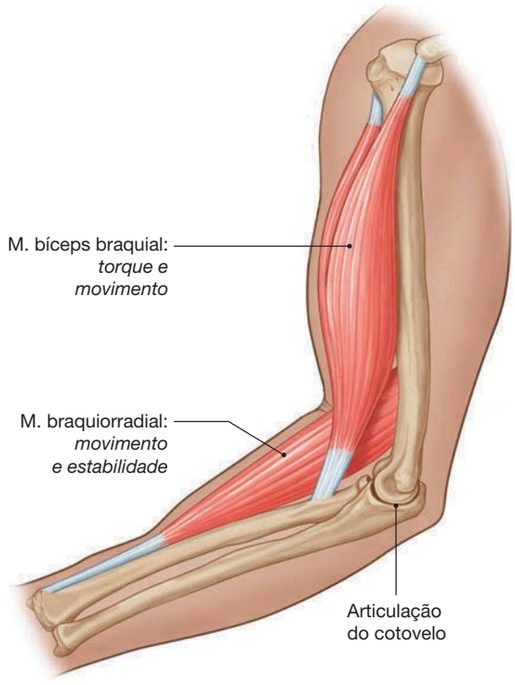


Figura 11.1 Diagrama ilustrando a inserção do músculo bíceps braquial e do músculo braquiorradial.
A ação principal de um músculo, cuja inserção terminal está próxima da articulação, será a de produzir movimento nessa articulação, conforme exemplificado aqui pelo músculo bíceps braquial. Entretanto, um músculo de inserção terminal consideravelmente distante da articulação, como é o caso do músculo braquiorradial nesta figura, atuará de modo geral na estabilização dessa articulação, além de produzir o movimento em tal articulação.

o braço, (3) *músculos que movimentam o antebraço e a mão* e (4) *músculos que movimentam a mão e os dedos*. Conforme descrevermos os vários músculos do cíngulo do membro superior e dos membros superiores, consulte primeiramente a **Figura 11.2** e em seguida a **Figura 11.5** para a localização geral dos músculos estudados.

Músculos que posicionam o cíngulo do membro superior [Figuras 11.2 a 11.6 e Tabela 11.1]

Os músculos que posicionam o cíngulo do membro superior trabalham em coordenação com os músculos que movimentam o braço. A amplitude total dos movimentos do braço requer movimentos simultâneos do cíngulo do membro superior. Os movimentos do cíngulo do membro superior são produzidos pelos músculos representados nas **Figuras 11.2** a **11.6** e descritos na Tabela 11.1.

Os grandes **músculos trapézios** recobrem o dorso e parte do pescoço, estendendo-se até a base do crânio. Esses músculos possuem inserções de origem (ponto fixo) ao longo da linha mediana do pescoço e dorso e inserções terminais (ponto móvel) nas clavículas e nas espinhas das escápulas. Conjuntamente, estes músculos triangulares formam um amplo losango (**Figuras 11.2** e **11.3**). Os músculos trapézios são inervados por mais de um nervo (Tabela 11.1). Como regiões específicas do trapézio podem contrair-se independentemente, suas ações são muito variadas.

A remoção do trapézio expõe os **músculos rombóides** e o **músculo levantador da escápula** (**Figuras 11.2** e **11.3**). Esses músculos fixam-se às superfícies dorsais das vértebras cervicais e torácicas. Eles se inserem ao longo da margem medial de cada escápula, entre os ângulos superior e inferior. A contração dos músculos rombóides produz adução (retração) das escápulas, tracionando-as em direção ao centro do dor-

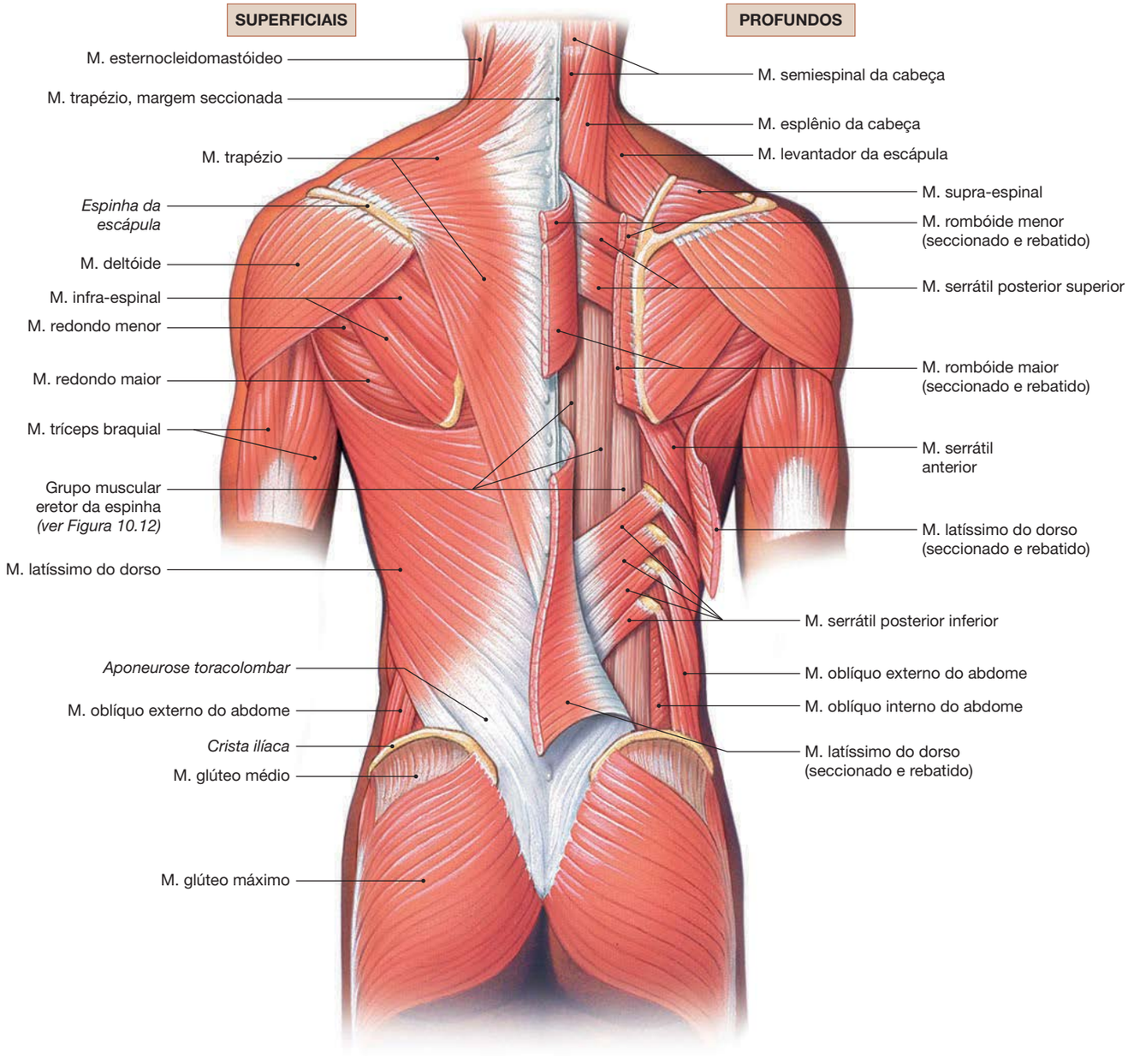


Figura 11.2 Músculos superficiais e profundos do pescoço, dos ombros e do dorso.
Vista posterior de muitos dos músculos importantes do pescoço, do tronco e de porções proximais do membro superior.

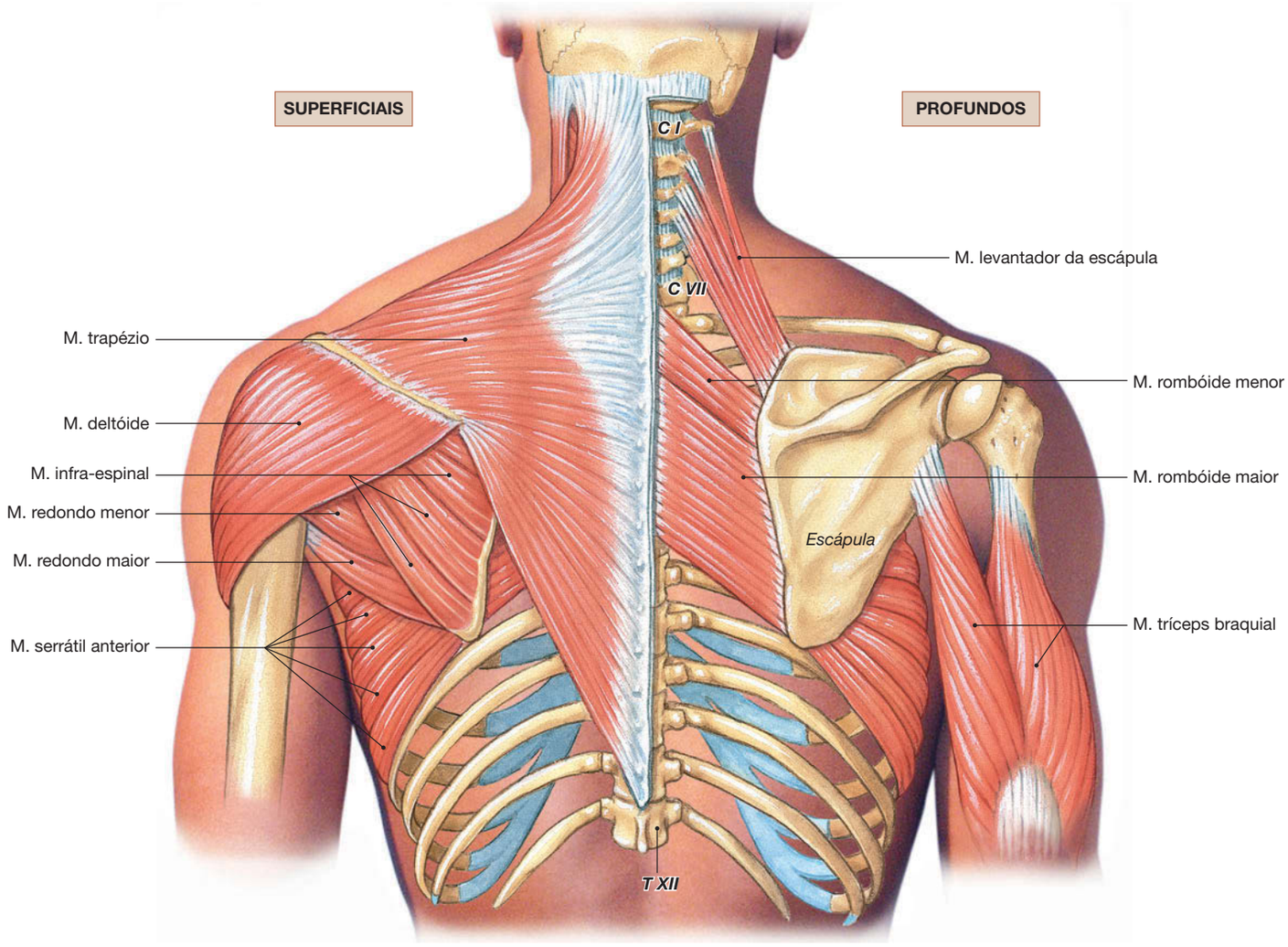


Figura 11.3 Músculos que posicionam o cíngulo do membro superior, parte I.
Vista posterior mostrando músculos superficiais e profundos do cíngulo do membro superior. *Ver também Figuras 6.26, 7.4 e 8.11. Ver Figura 11.6c para inserções de alguns músculos apresentados nesta figura.*

TABELA 11.1 Músculos que posicionam o cíngulo do membro superior

Músculo	Inserção de origem (ponto fixo)	Inserção terminal (ponto móvel)	Ação	Inervação
Levantador da escápula	Processos transversos das primeiras quatro vértebras cervicais	Margem medial da escápula próximo ao seu ângulo superior	Eleva a escápula	Nervos cervicais C3-C4 e nervo dorsal da escápula (C5)
Peitoral menor	Superfície anterior e margem superior das costelas III-V e fáscia que recobre os correspondentes músculos intercostais externos	Processo coracóide da escápula	Abaixa e protrai o ombro; roda a escápula de modo que a cavidade glenoidal se direciona inferiormente (rotação "para baixo"); eleva as costelas se a escápula estiver fixa	Nervos peitoral medial (C8, T1)
Rombóide maior	Processos espinhosos das vértebras torácicas superiores	Margem medial da escápula desde a sua espinha até o ângulo inferior	Aduz e executa a rotação "para baixo" da escápula	Nervo dorsal da escápula (C5)
Rombóide menor	Processos espinhosos das vértebras C VII-T I	Margem medial da escápula	Idem ao anterior	Idem ao anterior
Serrátil anterior	Margem superior e superfície anterior das costelas I-VIII ou I-IX	Região anterior da margem medial da escápula	Protrai o ombro; roda a escápula de modo que a cavidade glenoidal se direciona superiormente (rotação "para cima")	Nervo torácico longo (C5-C7)
Subclávio	Primeira costela	Clavícula (superfície inferior)	Abaixa e protrai o ombro	Nervo subclávio (C5-C6)
Trapézio	Osso occipital, ligamento neural e processos espinhosos das vértebras torácicas	Clavícula e escápula (acrômio e espinha da escápula)	Depende da região em atividade e da situação de outros músculos em ação; pode elevar, retrair, abaixar ou rodar a escápula em direção superior e/ou a clavícula; pode também estender o pescoço	Nervo acessório (NC XI)

so. A contração dos músculos rombóides também produz rotação das escápulas no sentido inferior, uma ação que faz com que a cavidade glenoidal movimente-se inferiormente e o ângulo inferior da escápula movimente-se médio-superiormente (Figura 7.5). pág. 178 Os músculos levantadores da escápula elevam a escápula como ao se "encolher" os ombros.

Na parede lateral do tórax, o **músculo serrátil anterior** possui inserção de origem ao longo das superfícies anterior e superior de várias costelas (Figuras 11.3 e 11.4). Este músculo em forma de leque tem sua inserção terminal ao longo da região anterior da margem medial da escápula. A contração do serrátil anterior produz abdução (protrusão) da escápula e movimenta o ombro anteriormente.

Dois músculos torácicos profundos originam-se ao longo das superfícies ventrais das costelas. O **músculo subclávio** (*sub,* abaixo + *clavius,* clavícula) insere-se na margem inferior da clavícula (Figuras 11.4 e 11.5). Sua contração abaixa e protrai a extremidade escapular da clavícula. Como ligamentos unem esta extremidade à articulação do ombro e da escápula, estas estruturas também se movimentam. O **músculo peitoral menor** fixa-se ao processo coracóide da escápula (Figuras 11.4 e 11.5). Sua contração complementa a ação do subclávio. A Tabela 11.1 identifica os músculos que movimentam o cíngulo do membro superior e os nervos que suprem esses músculos.

Músculos que movimentam o braço

[Figuras 11.2/11.5 a 11.7 e Tabela 11.2]

Os músculos que movimentam o braço são mais facilmente memorizados quando agrupados segundo suas ações primárias. Alguns desses músculos são mais bem observados em vista posterior (Figura 11.2) e outros em vista anterior (Figura 11.5). Informações sobre os músculos que movimentam o braço encontram-se resumidas na Tabela 11.2. O **músculo deltóide** é o maior abdutor do braço, mas o **músculo supra-espinal** auxilia no início deste movimento. Os **músculos subescapular** e **redondo maior** rodam o braço medialmente, enquanto os músculos **infra-espinal** e **redondo menor** fazem a rotação lateral. Todos esses músculos possuem inserção de origem na escápula. O pequeno **músculo coracobraquial** (Figura 11.6a) é o único músculo ligado à escápula que produz flexão e adução da articulação do ombro.

O **músculo peitoral maior** estende-se entre a porção anterior do tórax e a crista do tubérculo maior do úmero. O **músculo latíssimo do dorso** estende-se entre as vértebras torácicas na linha média posterior e o soalho do sulco intertubercular do úmero (Figuras 11.3 a 11.6). O músculo peitoral maior faz a flexão da articulação do ombro, e o latíssimo do dorso faz a extensão dessa articulação. Esses dois músculos também atuam conjuntamente para produzir adução e rotação medial do úmero na articulação do ombro.

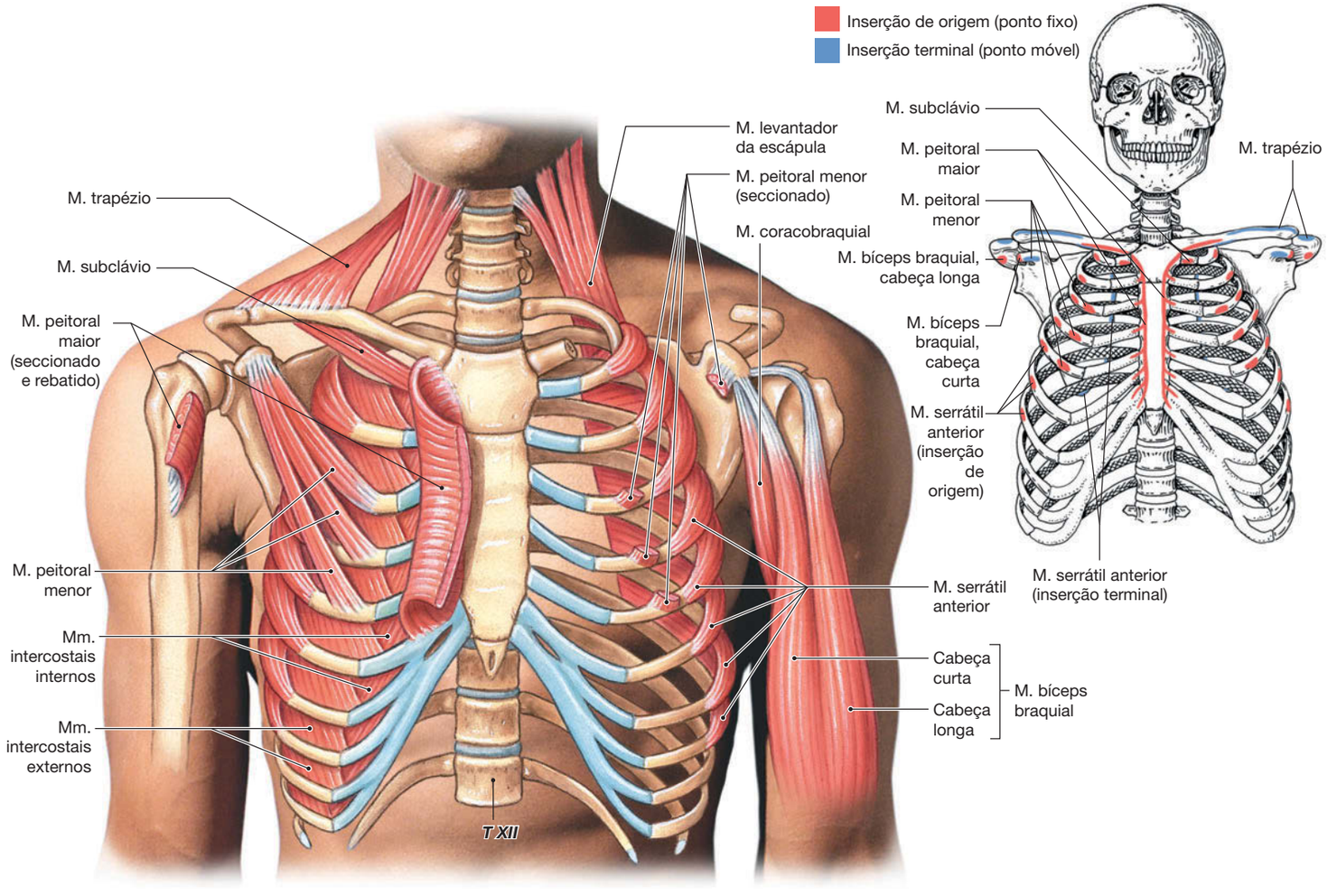


Figura 11.4 Músculos que posicionam o cíngulo do membro superior, parte II.
Vista anterior, mostrando músculos superficiais e profundos do cíngulo do membro superior. Inserções de origens e inserções terminais selecionadas nos detalhes.

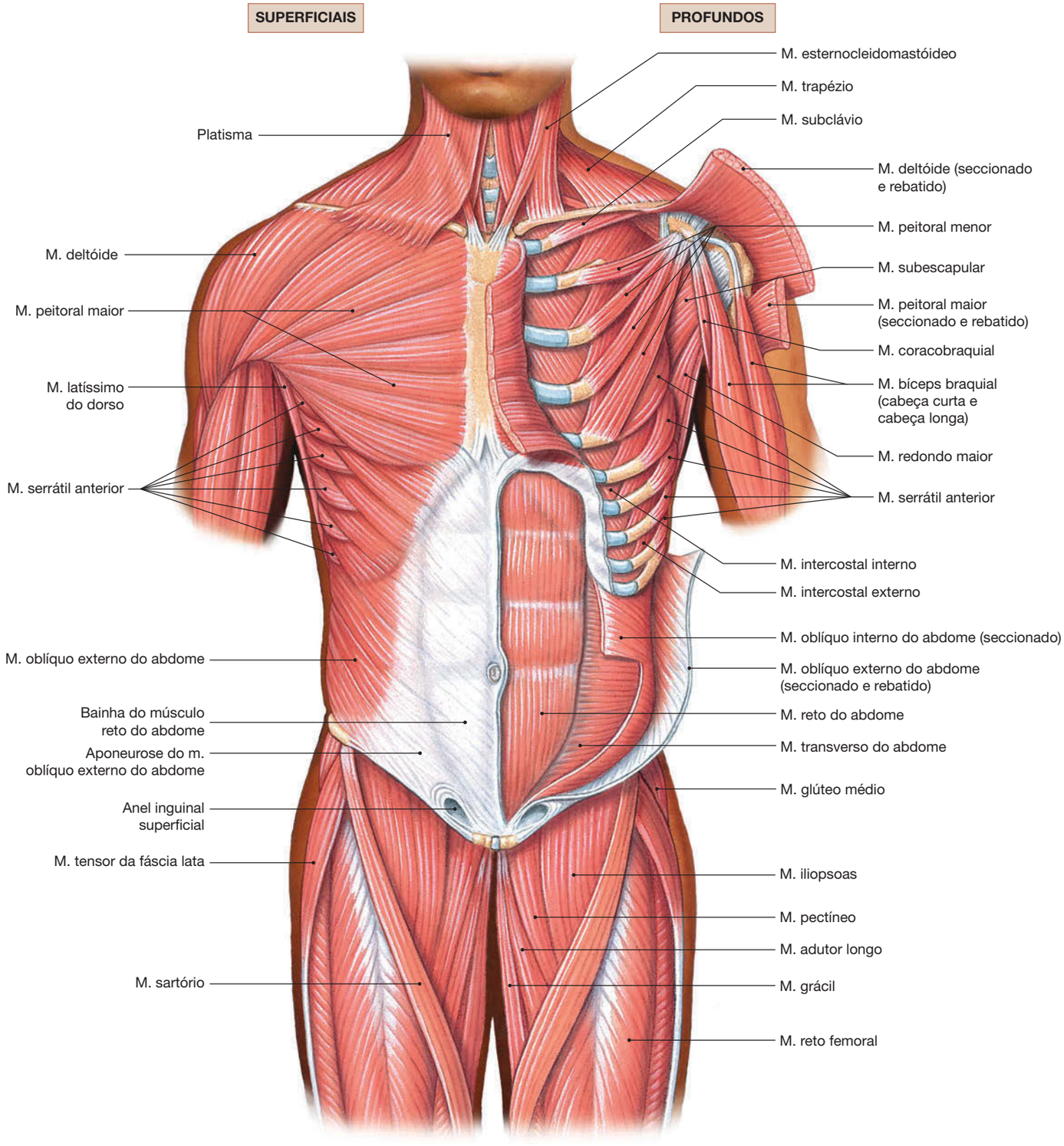


Figura 11.5 **Músculos superficiais e profundos do tronco e da parte proximal dos membros.**
Vista anterior dos músculos axiais (do tronco) e apendiculares associados com os cíngulos dos membros superior e inferior e partes proximais dos membros.

A articulação do ombro é bastante móvel, porém relativamente frágil (Figuras 7.5, 7.6 e 8.11). págs. 178, 180, 181, 218 Os tendões dos músculos supra-espinal, infra-espinal, subescapular e redondo menor fundem-se com o tecido conectivo da cápsula da articulação do ombro e formam o "*manguito rotador*". O "manguito rotador" sustenta e reforça a cápsula articular por meio de uma ampla variedade de movimentos. Movimentos poderosos e repetitivos de vários esportes (como arremessos de bolas a grande velocidade, repetidos por muitas vezes) podem provocar esforços prejudiciais sobre os músculos do "manguito rotador", causando lesões de tendões, distensões musculares, bursite e outras lesões dolorosas.

No início deste capítulo, discutimos como a linha de ação de um músculo pode ser usada para prever uma ação muscular, e três regras foram apresentadas. A Figura 11.7 mostra as posições dos músculos bíceps braquial, tríceps braquial e deltóide em relação à articulação do ombro, reafirmando essas regras. A linha de ação do músculo bíceps braquial passa anteriormente ao eixo da articulação do ombro, e a linha de ação do músculo tríceps braquial passa posteriormente a ele. Embora nenhum deles se insira no úmero, o músculo bíceps braquial é um flexor do ombro, enquanto o músculo tríceps braquial é um extensor do ombro. A linha de ação da parte clavicular, ou anterior, do deltóide também cruza anteriormente o eixo da articulação do ombro dirigindo-se à sua inserção no úmero. Esta parte do músculo deltóide produz flexão e rotação medial no ombro. A linha de ação da parte acromial (ou posterior) do deltóide passa posteriormente ao eixo da articulação do ombro. A porção escapular do deltóide produz extensão e rotação lateral do ombro. A contração total do deltóide produz abdução do ombro porque a linha de ação para o músculo como um todo passa lateralmente ao eixo da articulação.

REVISÃO DOS CONCEITOS

1. Arremessadores de beisebol algumas vezes sofrem lesões no "manguito rotador". Quais músculos estão envolvidos neste tipo de lesão?
2. Identifique o músculo com forma de leque que possui sua inserção terminal ao longo da região anterior da margem medial da escápula e atua na protrusão desse osso.
3. Qual é o principal músculo responsável pela abdução na articulação do ombro?
4. Quais são os dois músculos que produzem extensão, adução e rotação medial na articulação do ombro?

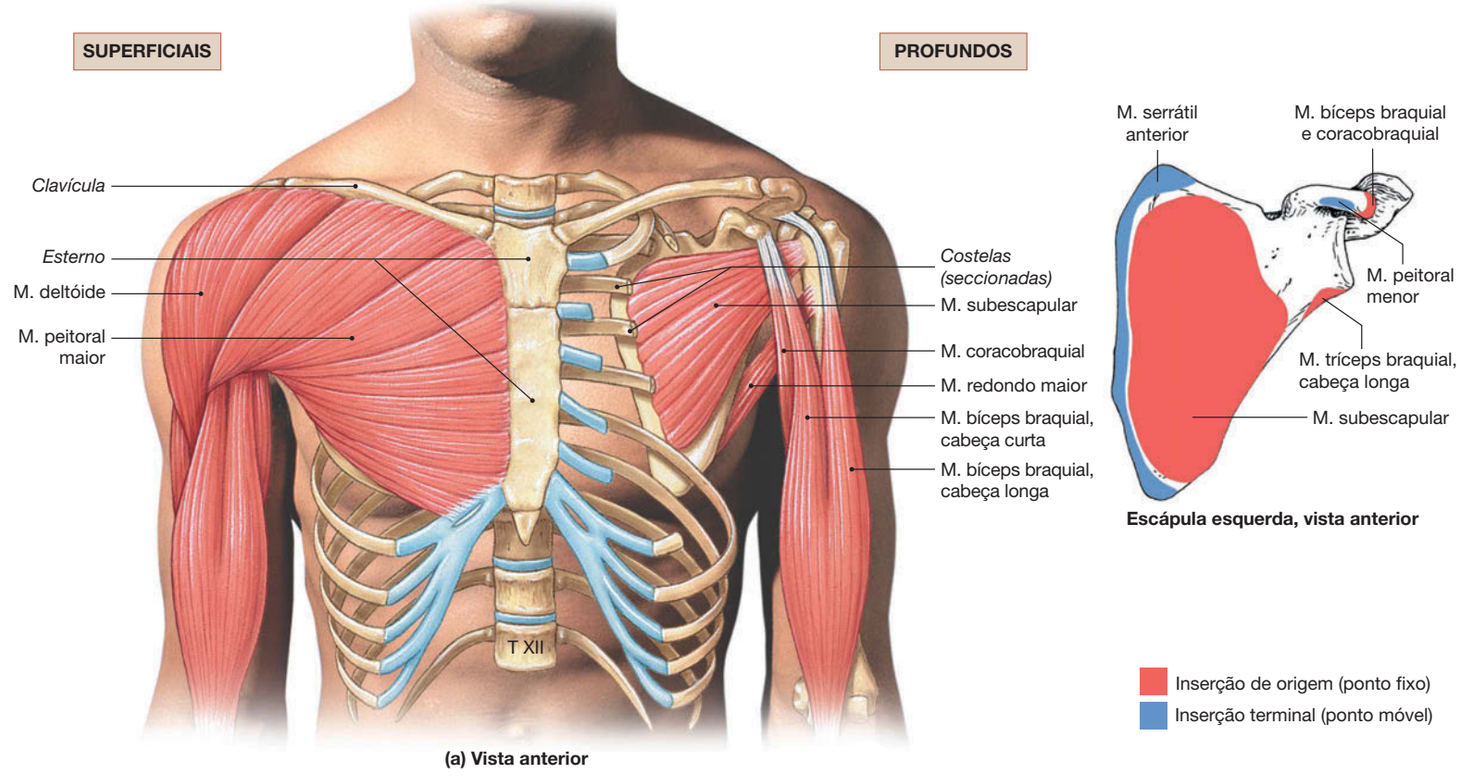
Veja a seção de Respostas na parte final do livro.

Músculos que movimentam o antebraço e a mão [Figuras 11.5/11.6/11.8/11.9 e Tabela 11.3]

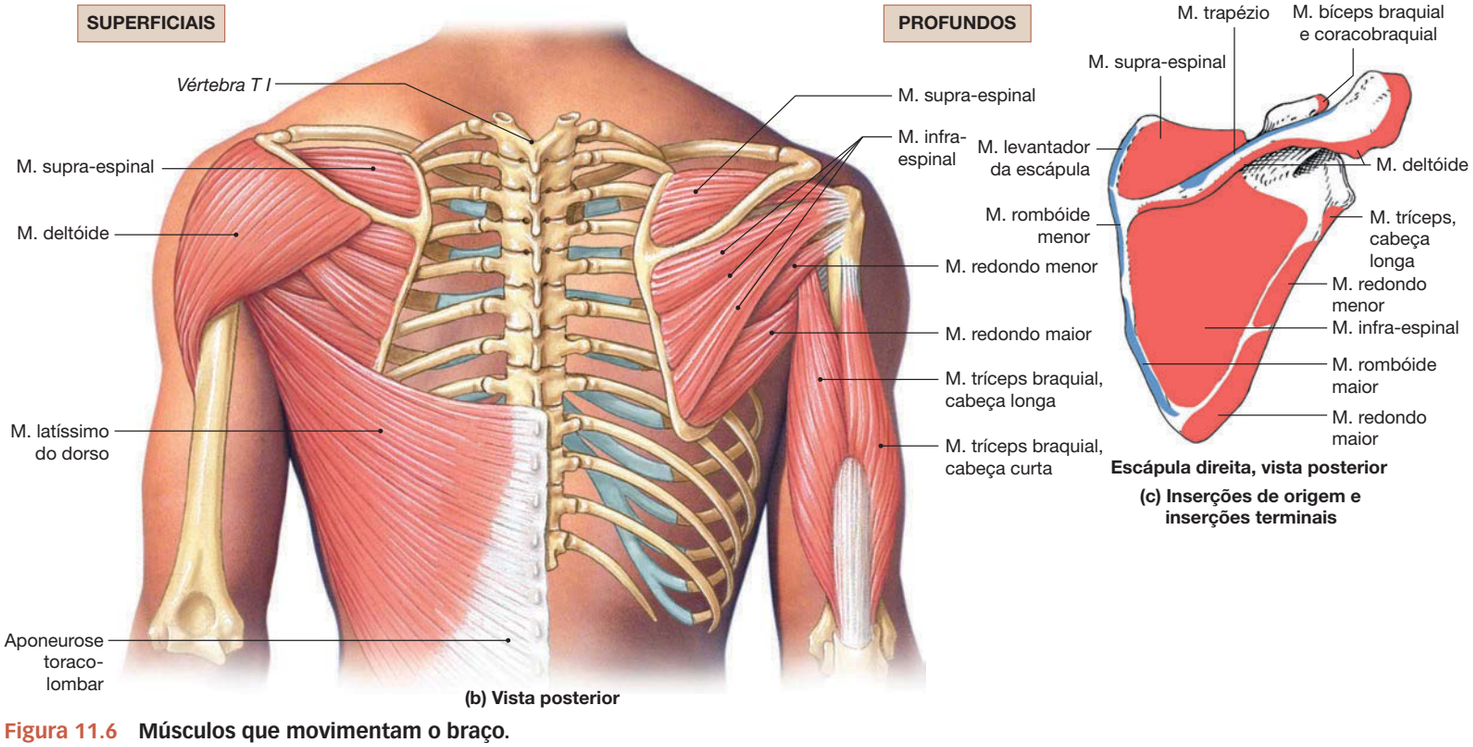
A maioria dos músculos que movimentam o antebraço e a mão possuem inserção de origem no úmero e inserção terminal no antebraço e no punho. Há duas exceções dignas de nota: a *cabeça longa* do **músculo tríceps braquial** possui a inserção de origem na escápula e a inserção terminal no olécrano; a *cabeça longa* do **músculo bíceps braquial** possui a inserção de origem na escápula e a inserção terminal na tuberosidade do rádio (Figuras 11.5, 11.6, 11.8 e 11.9). Embora a contração do tríceps braquial e do bíceps braquial exerçam efeito no ombro, suas ações primárias estão na articulação do cotovelo. O músculo tríceps braquial estende o cotovelo quando, por exemplo, fazemos flexões. O músculo bíceps braquial flexio-

TABELA 11.2 Músculos que movimentam o braço

Músculo	Inserção de origem (ponto fixo)	Inserção terminal (ponto móvel)	Ação	Inervação
Coracobraquial	Processo coracóide	Margem medial da diáfise do úmero	Adução e flexão no ombro	Nervo musculocutâneo (C5-C7)
Deltóide	Clavícula e escápula (acrômio e espinha da escápula adjacente)	Tuberosidade para o músculo deltóide (úmero)	*Todo o músculo*: abdução do ombro; *parte anterior*: flexão e rotação do úmero; *parte posterior:* extensão e rotação lateral do úmero	Nervo axilar (C5-C6)
Supra-espinal	Fossa supra-espinal da escápula	Tubérculo maior do úmero	Abdução no ombro	Nervo supra-escapular (C5)
Infra-espinal	Fossa infra-espinal da escápula	Tubérculo maior do úmero	Rotação lateral no ombro	Nervo supra-escapular (C5-C6)
Subescapular	Fossa subescapular	Tubérculo menor do úmero	Rotação medial no ombro	Nervo subescapular (C5-C6)
Redondo maior	Ângulo inferior da escápula	Lábio medial do sulco intertubercular do úmero	Extensão e rotação medial no ombro	Nervo subescapular, porção inferior (C5-C6)
Redondo menor	Margem lateral da escápula	Tubérculo maior do úmero	Rotação lateral e adução no ombro	Nervo axilar
Tríceps braquial (cabeça longa)	*Ver Tabela 11.3*		Extensão no cotovelo	
Bíceps braquial	*Ver Tabela 11.3*		Flexão no cotovelo	
Latíssimo do dorso	Processos espinhosos das vértebras torácicas inferiores e todas as lombares, costelas VIII-XII e aponeurose toracolombar	Soalho do sulco intertubercular do úmero	Extensão, adução e rotação medial no ombro	Nervo toracodorsal (C6-C8)
Peitoral maior	Cartilagens costais II-VI, corpo do esterno e parte ínfero-medial da clavícula	Crista do tubérculo maior e lábio lateral do sulco intertubercular do úmero	Flexão, adução e rotação medial no ombro	Nervos peitorais (C5-T1)



(a) Vista anterior



(b) Vista posterior

(c) Inserções de origem e inserções terminais

Figura 11.6 Músculos que movimentam o braço.

(a) Vista anterior. **(b)** Vista posterior. **(c)** Vistas anterior e posterior da escápula, mostrando inserções de origem e inserções terminais selecionadas. *Ver também Figuras 7.4 a 7.6 e 8.11.*

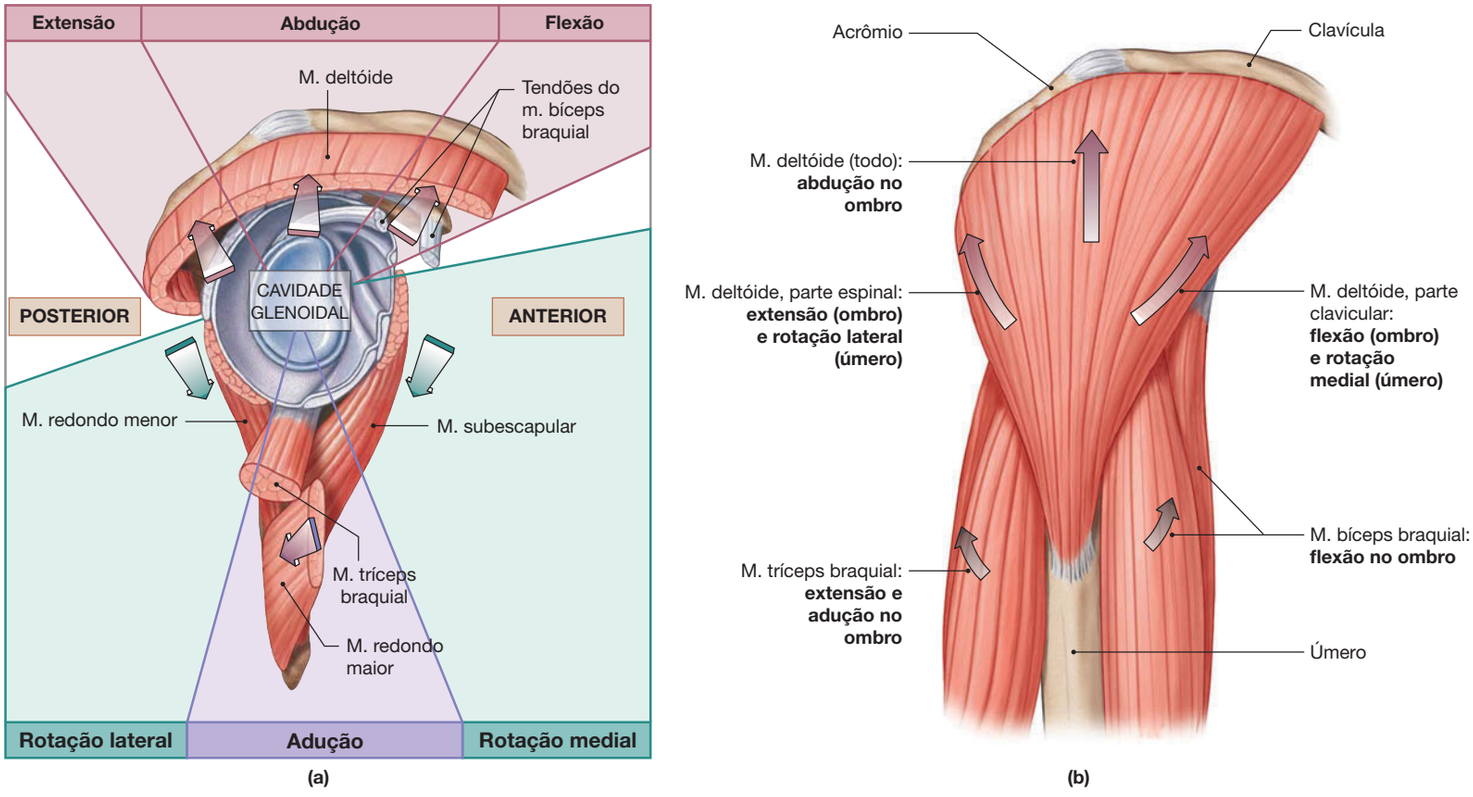


Figura 11.7 Linhas de ação dos músculos que movimentam o braço.
(a) Vista lateral da articulação do ombro, demonstrando as linhas de ação dos músculos que movimentam o braço. **(b)** Linhas de ação do músculo bíceps braquial, do músculo tríceps braquial e as três partes do músculo deltóide.

Nota clínica

Lesões do esporte Lesões do esporte podem afetar amadores e profissionais. Um estudo longitudinal envolvendo a observação de jogadores universitários por um período de cinco anos revelou que 73,5% deles apresentaram lesões leves, 21,5% lesões moderadas, e 11,6% apresentaram lesões graves durante sua carreira desportiva. Os esportes de contato não são as únicas atividades que apresentaram percentuais significativos de lesão: um estudo com 1.650 corredores que perfaziam um mínimo de 43 km por semana apresentaram 1.819 lesões em um único ano.

Músculos e ossos respondem ao aumento da solicitação com hipertrofia e fortalecimento. Indivíduos com baixo condicionamento físico apresentam, portanto, maior probabilidade de submeter músculos e ossos a esforços prejudiciais, em relação a indivíduos com bom condicionamento. O treinamento também é importante na minimização do uso de grupos musculares antagonistas e na manutenção dos movimentos articulares dentro dos limites desejados de movimento. Exercícios planejados de aquecimento antes de eventos esportivos estimulam a circulação, melhoram o desempenho e o controle muscular e contribuem para a prevenção de lesões de músculos, articulações e ligamentos. Exercícios de alongamento após o aquecimento muscular estimulam o fluxo sangüíneo para os músculos e auxiliam a manutenção do suprimento dos ligamentos e das cápsulas articulares. Estes condicionamentos aumentam o intervalo de variação de amplitude do movimento e podem evitar entorses e luxações quando em situações de solicitações repentinas.

O planejamento nutricional também é importante na prevenção de lesões musculares em competições de resistência como na maratona. Geralmente muita ênfase é dada à importância dos carboidratos, levando à prática conhecida como "carga de carboidratos" antes da maratona. Porém, enquanto estiverem operando nos limites aeróbicos, os músculos também necessitam intensamente de aminoácidos, motivo pelo qual uma dieta adequada deve incluir tanto os carboidratos quanto as proteínas.

A melhoria dos equipamentos, das regras e das condições dos jogos também auxilia a diminuir a incidência de lesões. Calçados de corrida, tornozeleiras, joelheiras, capacetes, proteções bucais e protetores corporais são exemplos de equipamentos que podem ser eficientes. As penalidades severas agora aplicadas para as chamadas "faltas pessoais" nos esportes de contato também reduziram o número de lesões de joelho e pescoço.

Varias lesões traumáticas, comuns aos praticantes de esportes ativos, podem também acometer não-atletas, embora as causas primárias possam ser bastante diferentes. Uma lista parcial de condições ligadas à atividade física inclui as seguintes:

- **Contusão óssea:** sangramento no interior do periósteo do osso
- **Bursite:** inflamação na bolsa sinovial da articulação
- **Câibras:** contrações musculares prolongadas, involuntárias e dolorosas
- **Luxações:** lacerações ou rupturas de ligamentos ou tendões*
- **Distensões:** lacerações musculares
- **Fraturas de esforço:** fissuras ou fraturas em ossos submetidos a traumas repetidos
- **Tendinite:** inflamação do tecido conectivo ao redor do tendão

Finalmente, muitas lesões do esporte poderiam ser evitadas se os indivíduos que praticam exercício regularmente utilizassem o bom senso e reconhecessem suas limitações. Discute-se que alguns eventos esportivos, como a ultramaratona, provocam estresse excessivo nos sistemas circulatório, muscular, respiratório e urinário, de forma que esses eventos não deveriam ser recomendados mesmo para atletas no auge de seu condicionamento físico.

* N. de R.T. Em realidade, as luxações são definidas como sendo a perda da posição anatômica entre as superfícies ósseas em uma articulação.

na o cotovelo e supina o antebraço. Com o antebraço pronado, o músculo bíceps braquial não pode exercer efetivamente sua função devido à posição de sua inserção muscular. Como resultado, temos mais força quando flexionamos o cotovelo com o antebraço em supinação; o músculo bíceps braquial então torna-se abaulado e proeminente. Os músculos que movimentam o antebraço e a mão juntamente com suas inervações estão detalhados na Tabela 11.3.

Os **músculos braquial** e **braquiorradial** também flexionam o cotovelo. Eles agem de maneira contrária aos músculos **ancôneo** e tríceps braquial. O **flexor ulnar do carpo**, o **flexor radial do carpo** e o **palmar longo** são músculos superficiais que atuam conjuntamente para produzir a flexão do punho (Figuras 11.8b-e e 11.9b-e). Devido às diferenças nas inserções de origem e terminal, o músculo flexor radial do carpo flete e abduz, enquanto o músculo flexor ulnar do carpo flete e aduz o punho. O **músculo extensor radial do carpo (longo e curto)** e o **músculo extensor ulnar do carpo** apresentam relação semelhante; o primeiro produz extensão e abdução, e o último, extensão e adução no punho.

O **músculo pronador redondo** e o **músculo supinador** são músculos antagonistas que possuem inserção de origem no úmero e na ulna. Esses músculos possuem inserção terminal no rádio e causam rotação sem fletir ou estender o cotovelo. O **músculo pronador quadrado** apresenta sua inserção de origem na ulna e auxilia o músculo pronador redondo,

TABELA 11.3 Músculos que movimentam o antebraço e a mão

Músculo	Inserção de origem (ponto fixo)	Inserção terminal (ponto móvel)	Ação	Inervação
AÇÃO NO COTOVELO				
FLEXORES				
Bíceps braquial	*Cabeça curta* no processo coracóide; *cabeça longa* no tubérculo supraglenoidal (ambos na escápula)	Tuberosidade do rádio	Flexão no cotovelo e no ombro; supinação	Nervo musculocutâneo (C5-C6)
Braquial	Superfície distal anterior do úmero	Tuberosidade da ulna	Flexão no cotovelo	Idem ao anterior e nervo radial (C7-C8)
Braquiorradial	Crista superior ao côndilo lateral do úmero	Região lateral do processo estilóide do rádio	Idem ao anterior	Nervo radial (C6-C8)
EXTENSORES				
Ancôneo	Superfície póstero-lateral do úmero	Margem lateral do olécrano e diáfise da ulna	Extensão no cotovelo	Nervo radial (C6-C8)
Tríceps braquial				
Cabeça lateral	Margem súpero-lateral do úmero	Olécrano da ulna	Extensão no cotovelo	Nervo radial (C6-C8)
Cabeça longa	Tubérculo infraglenoidal do úmero	Idem ao anterior	Idem ao anterior, além da extensão e adução no ombro	Idem ao anterior
Cabeça medial	Superfície posterior do úmero, inferiormente ao sulco radial	Idem ao anterior	Extensão no cotovelo	Idem ao anterior
PRONADORES/ SUPINADORES				
Pronador quadrado	Superfície distal, ântero-lateral da ulna	Superfície ântero-lateral da parte distal do rádio	Pronação do antebraço e da mão por rotação medial do rádio nas articulações radiulnares	Nervo mediano (C8-T1)
Pronador redondo	Epicôndilo medial do úmero e processo coronóide da ulna	Região intermediária da superfície lateral do rádio	Idem ao anterior, além de flexão no cotovelo	Nervo mediano (C6-C7)
Supinador	Epicôndilo lateral do úmero e crista próxima à incisura radial da ulna	Superfície ântero-lateral do rádio, distalmente à tuberosidade do rádio	Supinação do antebraço e da mão por rotação lateral do rádio nas articulações radiulnares	Nervo radial profundo (C6-C8)
AÇÃO NO PUNHO				
FLEXORES				
Flexor radial do carpo	Epicôndilo medial do úmero	Bases do segundo e terceiro ossos metacarpais	Flexão e abdução no punho	Nervo mediano (C6-C7)
Flexor ulnar do carpo	Epicôndilo medial do úmero; superfície medial adjacente do olécrano e parte ântero-medial da ulna	Pisiforme, hamato e base do quinto osso metacarpal	Flexão e adução no punho	Nervo ulnar (C8-T1)
Palmar longo	Epicôndilo medial do úmero	Aponeurose palmar e retináculo dos músculos flexores	Flexão no punho	Nervo mediano (C6-C7)
EXTENSORES				
Extensor radial longo do carpo	Crista supraepicondilar lateral do úmero	Base do segundo osso metacarpal	Extensão e abdução no punho	Nervo mediano (C6-C7)
Extensor radial curto do carpo	Epicôndilo lateral do úmero	Base do terceiro osso metacarpal	Idem ao anterior	Idem ao anterior
Extensor ulnar do carpo	Epicôndilo lateral do úmero; superfície dorsal adjacente da ulna	Base do quinto osso metacarpal	Extensão e adução no punho	Nervo radial profundo (C6-C8)

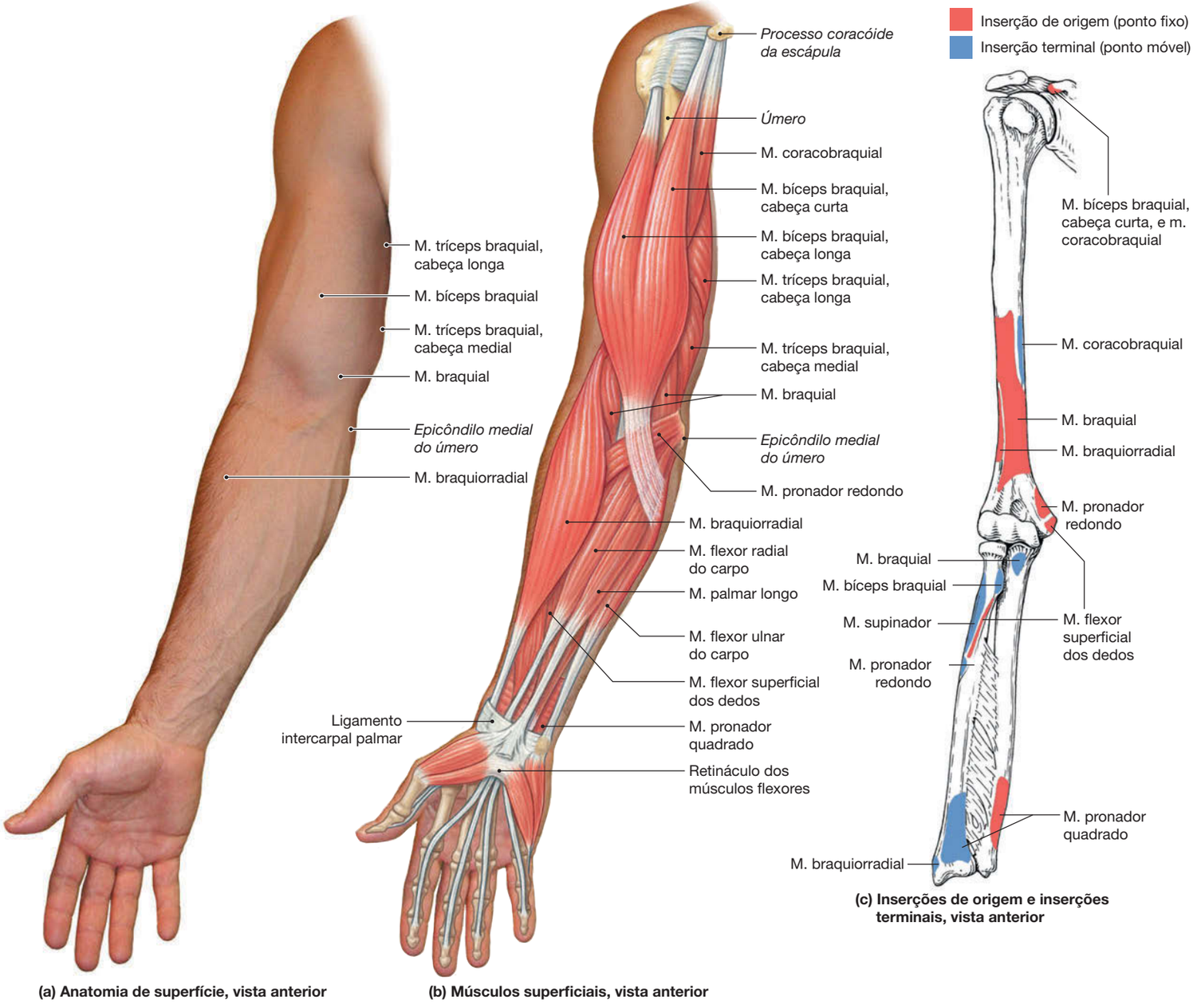


Figura 11.8 Músculos que movimentam o antebraço e a mão, parte I.
Relações entre os músculos do membro superior direito. **(a)** Anatomia de superfície do membro superior direito, vista anterior. **(b)** Músculos superficiais do membro superior direito, vista anterior. **(c)** Vista anterior dos ossos do membro superior direito, mostrando inserções de origem e inserções terminais de músculos selecionados.

opondo-se às ações do músculo supinador ou do músculo bíceps braquial. Os músculos envolvidos na pronação e supinação podem ser vistos nas **Figuras 11.8f** e **11.9f**. Note as modificações de orientação que ocorrem quando os músculos pronador redondo e pronador quadrado se contraem. Durante a pronação, o tendão do músculo bíceps braquial desliza sob o rádio, e a bolsa sinovial evita o atrito contra o tendão. pág. 208

À medida que você estudar os músculos da Tabela 11.3, observe que em geral os músculos extensores estão dispostos ao longo das superfícies posterior e lateral do antebraço, e os flexores são encontrados nas superfícies anterior e medial. Muitos dos músculos que movimentam o antebraço e a mão podem ser visualizados na superfície do corpo (**Figuras 11.8a** e **11.9a**).

Músculos que movimentam a mão e os dedos

Músculos extrínsecos da mão [Figuras 11.8 a 11.11 e Tabela 11.4]

Muitos músculos superficiais e profundos do antebraço (Tabela 11.4) promovem a flexão e extensão nas articulações dos dedos. Esses múscu-

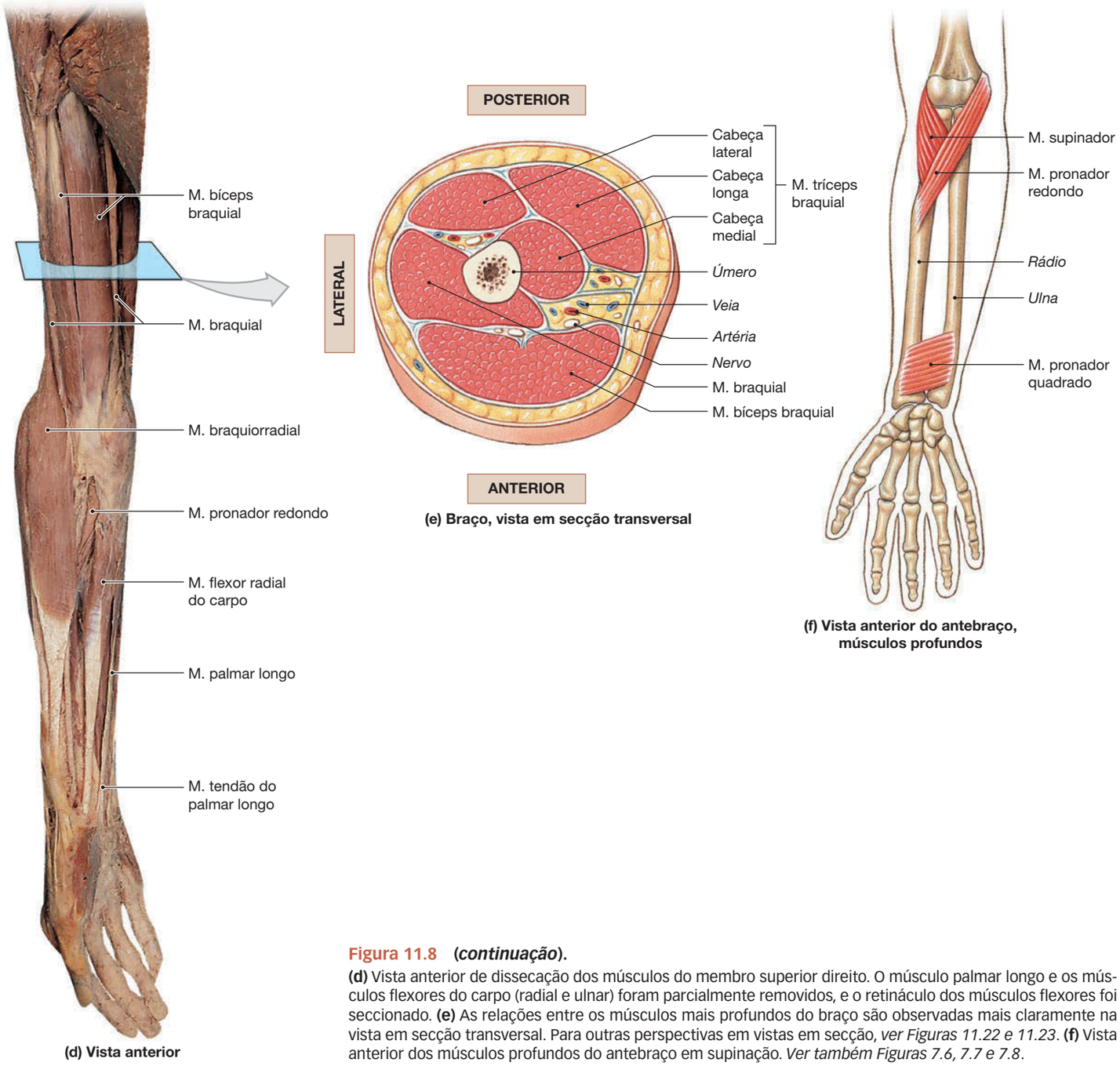


Figura 11.8 ***(continuação)*.**
(d) Vista anterior de dissecação dos músculos do membro superior direito. O músculo palmar longo e os músculos flexores do carpo (radial e ulnar) foram parcialmente removidos, e o retináculo dos músculos flexores foi seccionado. **(e)** As relações entre os músculos mais profundos do braço são observadas mais claramente na vista em secção transversal. Para outras perspectivas em vistas em secção, *ver Figuras 11.22 e 11.23*. **(f)** Vista anterior dos músculos profundos do antebraço em supinação. *Ver também Figuras 7.6, 7.7 e 7.8*.

los, que conferem força e controle dos movimentos amplos da mão e dos dedos, são chamados de *músculos extrínsecos da mão*. Somente os tendões desses músculos passam pela articulação do punho. Tais músculos são relativamente longos (**Figuras 11.8** a **11.10**) e, estando livres de articulações, garantem mobilidade máxima para o punho e para a mão. Os tendões que cruzam as superfícies dorsal e ventral do punho passam através das **bainhas sinoviais do tendão**, bolsas alongadas que reduzem o atrito. Estes músculos e seus tendões são mostrados em vista anterior nas **Figuras 11.8b,d** e **11.11d,g**, e em vista posterior nas **Figuras 11.9b,d**, **11.10d-f** e **11.11a,e**. A fáscia do antebraço torna-se espessa na superfície posterior do punho para formar uma ampla faixa de tecido conectivo, o **retináculo dos músculos extensores** (**Figura 11.11a**). O retináculo dos músculos extensores mantém os tendões dos músculos extensores em posição. Na superfície anterior, a fáscia também se torna espessa para formar outra ampla faixa de tecido conectivo, o **retináculo dos músculos flexores**, que mantém em posição os tendões dos músculos flexores (**Figura 11.11d,f**). A inflamação do retináculo e das bainhas do tendão pode restringir os movimentos e produzir irritação do *nervo mediano*, um nervo sensitivo e motor que supre a mão. Esta condição, conhecida como *síndrome do túnel do carpo*, causa dor crônica.

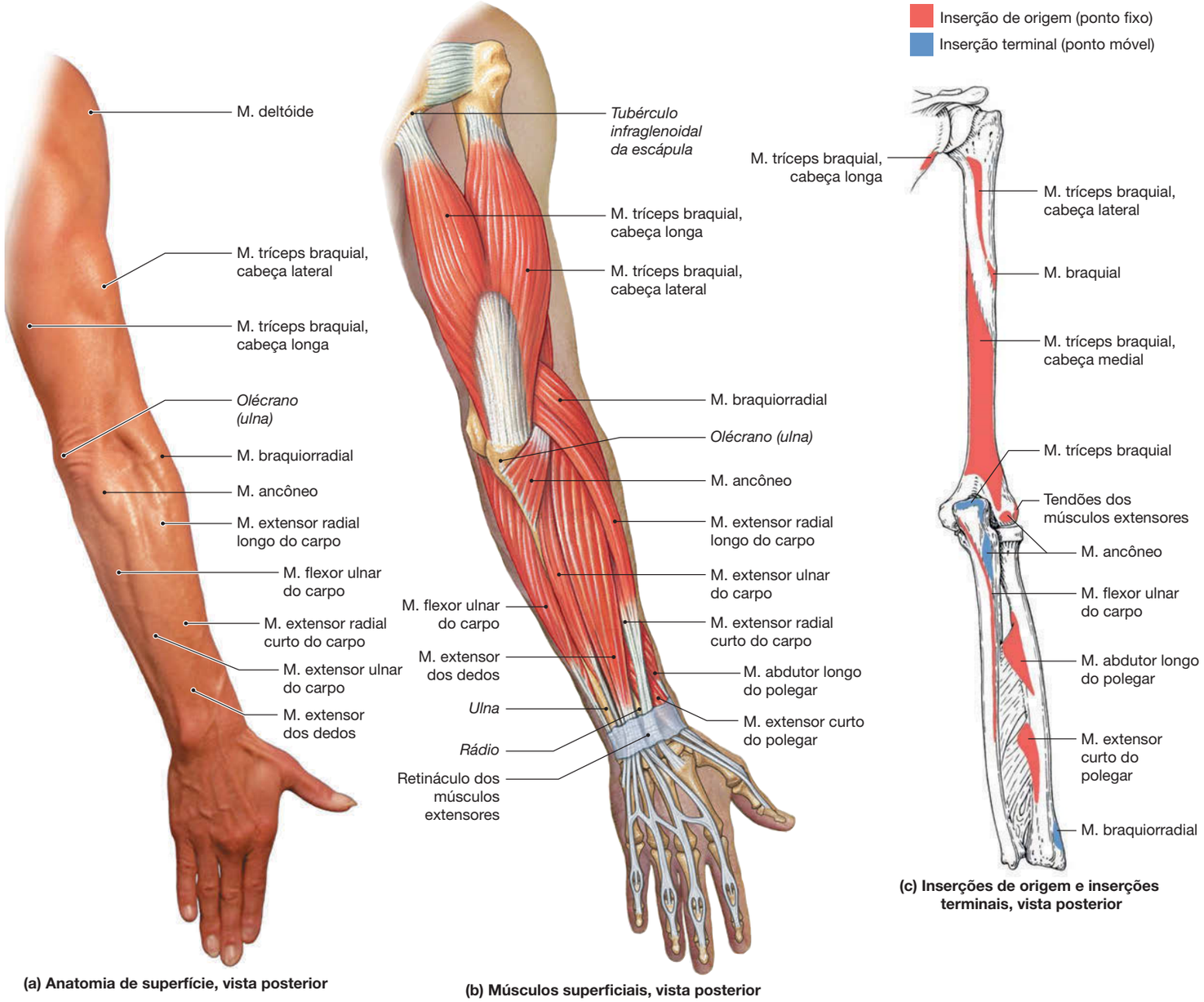


Figura 11.9 **Músculos que movimentam o antebraço e a mão, parte II.**
Relações entre os músculos do membro superior direito. **(a)** Anatomia de superfície do membro superior direito, vista posterior. **(b)** Vista diagramática de uma dissecação dos músculos superficiais. **(c)** Vista posterior dos ossos do membro superior, mostrando as inserções de origem e inserções terminais de músculos selecionados. **(d)** Vista posterior de dissecação superficial do antebraço. **(e)** Relações entre os músculos mais profundos são observadas mais claramente nas vistas em secção. Os extensores e flexores profundos dos dedos são mostrados na *Figura 11.10*; outras secções podem ser encontradas nas *Figuras 11.22 e 11.23*. **(f)** Músculos profundos envolvidos na pronação e supinação. *Ver também Figura 7.7*.

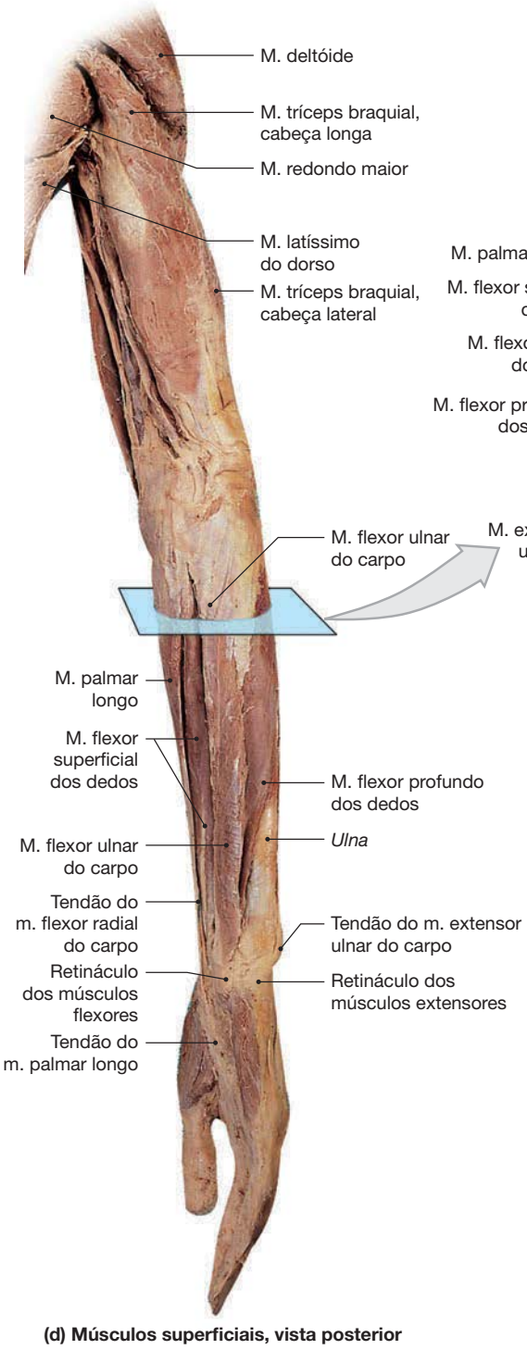
Músculos intrínsecos da mão [Figura 11.11 e Tabela 11.5]

O controle dos movimentos finos da mão envolve pequenos *músculos intrínsecos da mão* que possuem inserção de origem nos ossos carpais e metacarpais (Figura 11.11). Esses músculos intrínsecos são responsáveis por (1) flexão e extensão das articulações metacarpofalângicas dos dedos, (2) abdução e adução nas articulações metacarpofalângicas dos dedos e (3) oposição e reposicionamento do polegar. Nenhum músculo possui inserção de origem nas falanges, e somente tendões se estendem pelas articulações distais dos dedos. Os músculos intrínsecos da mão estão detalhados na Tabela 11.5.

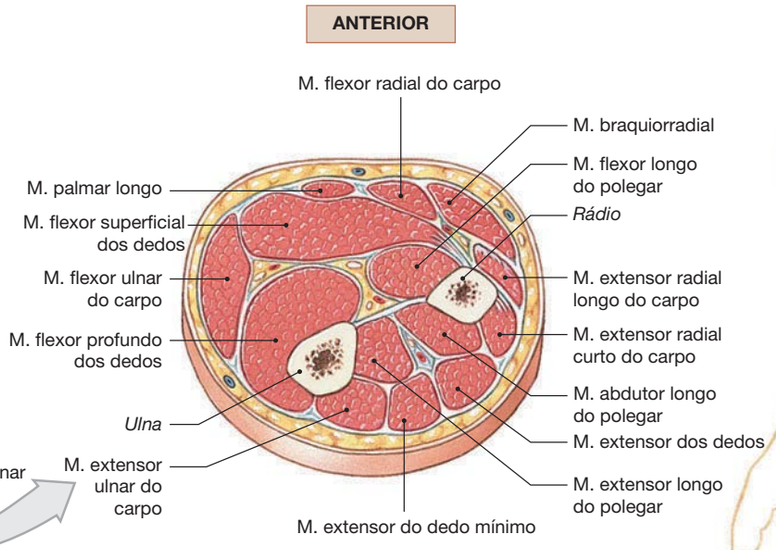
Os quatro **músculos lumbricais** possuem inserção de origem na palma da mão nos tendões do músculo flexor profundo dos dedos. Esses músculos apresentam inserção de origem nos tendões do músculo extensor dos dedos e produzem flexão nas articulações metacarpofalângicas, bem como extensão nas articulações interfalângicas.

A abdução dos dedos é realizada pelos quatro **músculos interósseos dorsais**. O **músculo abdutor do dedo mínimo** produz abdução do dedo mínimo, e o **músculo abdutor curto do polegar** produz abdução do polegar. O **músculo adutor do polegar** produz adução do polegar, e os quatro **músculos interósseos palmares** produzem adução das articulações metacarpofalângicas dos dedos.

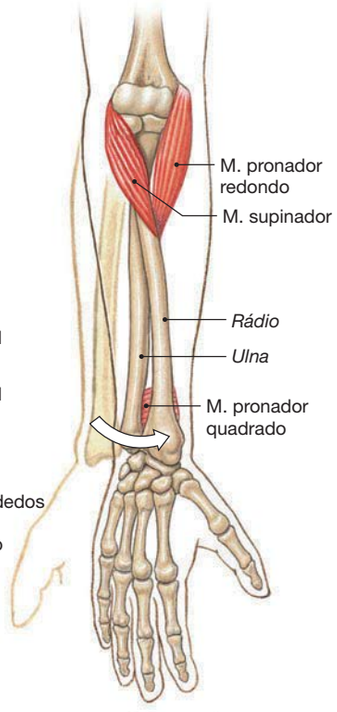
A oposição do polegar é o movimento no qual o polegar, partindo da posição anatômica, é flexionado e rodado medialmente até a articulação



(d) Músculos superficiais, vista posterior



(e) Antebraço, vista em secção transversal



(f) Pronação

Figura 11.9 (*continuação*).

Nota clínica

Síndrome do túnel do carpo Na **síndrome do túnel do carpo**, a inflamação na bainha envoltória dos tendões flexores palmares causa compressão do *nervo mediano*, um nervo misto (sensitivo e motor) que supre a palma da mão e as superfícies palmares (volares) dos dedos polegar, indicador e médio. Os sintomas incluem dor, principalmente na flexão do punho, sensação de formigamento ou dormência na palma da mão e fraqueza no abdutor curto do polegar. Esta condição é razoavelmente comum e afeta freqüentemente indivíduos cujas atividades diárias envolvem movimentos das mãos, provocando esforço repetitivo dos tendões que passam pelo punho. Atividades comumente associadas a essa síndrome incluem digitação em computador, tocar piano ou, como no caso dos carpinteiros, o uso repetitivo do martelo. O tratamento consiste na administração de drogas antiinflamatórias, como a aspirina, e o uso de tala para evitar o movimento do punho e para estabilizar a região. Um grande número de teclados de computador foi especialmente projetado para reduzir o esforço repetido associado à digitação.

carpometacarpal. Este movimento leva o ápice do polegar a se encontrar com o ápice de qualquer outro dedo. Esta ação é realizada pelo **músculo oponente do polegar**. O reposicionamento do polegar é realizado pelos dois músculos extrínsecos da mão, pelo músculo extensor longo do polegar e pelo músculo abdutor longo do polegar (ver Tabela 11.4).

Revisão dos conceitos

1. Quais são os dois movimentos que ficam comprometidos na lesão do músculo flexor ulnar do carpo?
2. Identifique os músculos que produzem rotação do rádio sem fletir ou estender o cotovelo.
3. Por quais estruturas passam os tendões que cruzam as superfícies posterior e anterior do punho antes de atingir o ponto de inserção?
4. Identifique a fáscia espessada na superfície posterior do punho que forma uma ampla faixa de tecido conectivo.

Veja a seção de Respostas na parte final do livro.

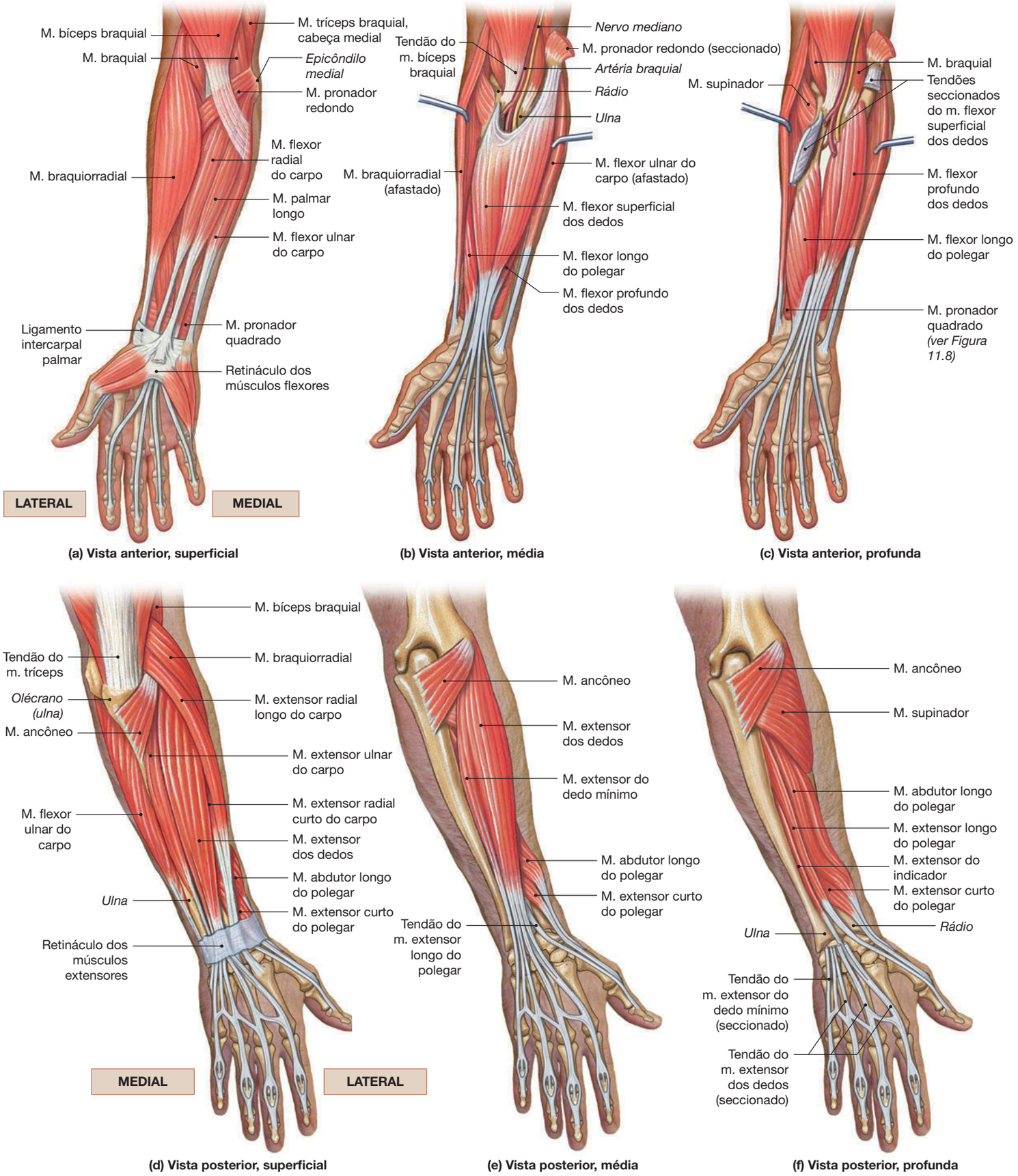


Figura 11.10 **Músculos extrínsecos que movimentam a mão e os dedos.**
(a) Vista anterior, mostrando músculos superficiais do antebraço direito. **(b)** Vista anterior da camada muscular média. O músculo flexor radial do carpo e o músculo palmar longo foram removidos. **(c)** Vista anterior da camada muscular profunda. **(d)** Vista posterior, mostrando músculos superficiais do antebraço direito. **(e)** Vista posterior da camada muscular média. **(f)** Vista posterior da camada muscular profunda.

TABELA 11.4 Músculos que movimentam a mão e os dedos

Músculo	Inserção de origem (ponto fixo)	Inserção terminal (ponto móvel)	Ação	Inervação
Abdutor longo do polegar	Superfície posterior proximal da ulna e do rádio	Margem lateral do primeiro osso metacarpal	Abdução nas articulações do polegar e no punho	Nervo radial profundo (C6-C7)
Extensor dos dedos	Epicôndilo lateral do úmero	Superfícies posteriores das falanges dos dedos II-V	Extensão nas articulações dos dedos e no punho	Nervo radial profundo (C6-C8)
Extensor curto do polegar	Corpo do rádio distalmente à origem do m. abdutor longo do polegar e membrana interóssea	Base da falange proximal do polegar	Extensão nas articulações do polegar, abdução no punho	Nervo radial profundo (C6-C7)
Extensor longo do polegar	Superfícies posterior e lateral da ulna e membrana interóssea	Base da falange distal do polegar	Idem ao anterior	Nervo radial profundo (C6-C8)
Extensor do indicador	Superfície posterior da ulna e membrana interóssea	Superfície posterior da falange proximal do dedo indicador (II), com tendão do extensor dos dedos	Extensão e adução nas articulações do indicador	Idem ao anterior
Extensor do dedo mínimo	Via tendão extensor ao epicôndilo lateral do úmero e a partir dos septos intermusculares	Superfície posterior da falange proximal do dedo mínimo	Extensão nas articulações do dedo mínimo; extensão no punho	Idem ao anterior
Flexor superficial dos dedos	Epicôndilo medial do úmero; superfície anterior adjacente da ulna e rádio	Para as bases das falanges médias dos dedos 2-5	Flexão nas articulações interfalângicas proximais e no punho	Nervo mediano (C7-T1)
Flexor profundo dos dedos	Superfície médio-posterior da ulna, superfícies mediais do processo coronóide e membrana interóssea	Base das falanges distais dos dedos II-V	Flexão nas articulações interfalângicas distais e, em menor grau, nas articulações interfalângicas proximais e punho	Ramo interósseo anterior do nervo mediano e nervo ulnar (C7-T1)
Flexor longo do polegar	Região anterior do corpo do rádio, membrana interóssea	Base da falange distal do polegar	Flexão nas articulações do polegar	Nervo mediano (C8-T1)

TABELA 11.5 Músculos intrínsecos da mão

Músculo	Inserção de origem (ponto fixo)	Inserção terminal (ponto móvel)	Ação	Inervação
Adutor do polegar	Ossos carpais e metacarpais	Falange proximal do polegar	Adução do polegar	Nervo ulnar, ramo profundo (C8-T1)
Oponente do polegar	Trapézio e retináculo dos músculos flexores	Primeiro osso metacarpal	Oposição do polegar	Nervo mediano (C6-C7)
Palmar curto	Aponeurose palmar	Pele da margem medial da mão	Movimentação da pele na margem medial em direção à linha média da palma	Nervo ulnar, ramo superficial (C8)
Abdutor do dedo mínimo	Pisiforme	Falange proximal do dedo mínimo	Abdução do dedo mínimo e flexão na sua articulação metacarpofalângica	Nervo ulnar, ramo profundo (C8-T1)
Abdutor curto do polegar	Ligamento carpal transverso, escafóide e trapézio	Superfície lateral radial da base da falange proximal do polegar	Abdução do polegar	Nervo mediano (C6-C7)
Flexor curto do polegar[1]	Retináculo dos músculos flexores, trapézio, capitato, e superfície ulnar do primeiro osso metacarpal	Superfícies laterais radial e ulnar da falange proximal do polegar	Flexão e adução do polegar	Ramos do nervo mediano e ulnar
Flexor curto do dedo mínimo	Hamato	Falange proximal do dedo mínimo	Flexão na quinta articulação metacarpofalângica	Nervo ulnar, ramo profundo (C8-T1)
Oponente do dedo mínimo	Idem ao anterior	Quinto osso metarcarpal	Flexão na articulação metacarpofalângica; faz a oposição dos dedos com o polegar	Idem ao anterior
Lumbricais (4)	Nos quatro tendões do flexor profundo dos dedos	Tendões do extensor digital dos dedos II-V	Flexão nas articulações metacarpofalângicas; extensão nas articulações interfalângicas proximal e distal	Nº1 e nº2 pelo nervo mediano, nº3 e nº4 pelo nervo ulnar, ramo profundo
Interósseos dorsais (4)	Cada um origina-se das superfícies opostas dos dois ossos metacarpais (I e II, II e III, III e IV, IV e V)	Bases das falanges proximais dos dedos II-IV	Abdução nas articulações metacarpofalângicas dos dedos II-IV, flexão nas articulações metacarpofalângicas; extensão nas articulações interfalângicas	Nervo ulnar, ramo profundo (C8-T1)
Interósseos palmares (4)	Laterais dos ossos metacarpais II, IV e V	Bases das falanges proximais dos dedos II, IV e V	Adução nas articulações metacarpofalângicas dos dedos II, IV e V, flexão nas articulações metacarpofalângicas; extensão nas articulações interfalângicas	Idem ao anterior

[1] A parte do m. flexor curto do polegar que se origina no primeiro osso metarcarpal é algumas vezes denominada *primeiro músculo interósseo palmar*, que se insere na superfície ulnar da falange proximal e é inervada pelo nervo ulnar.

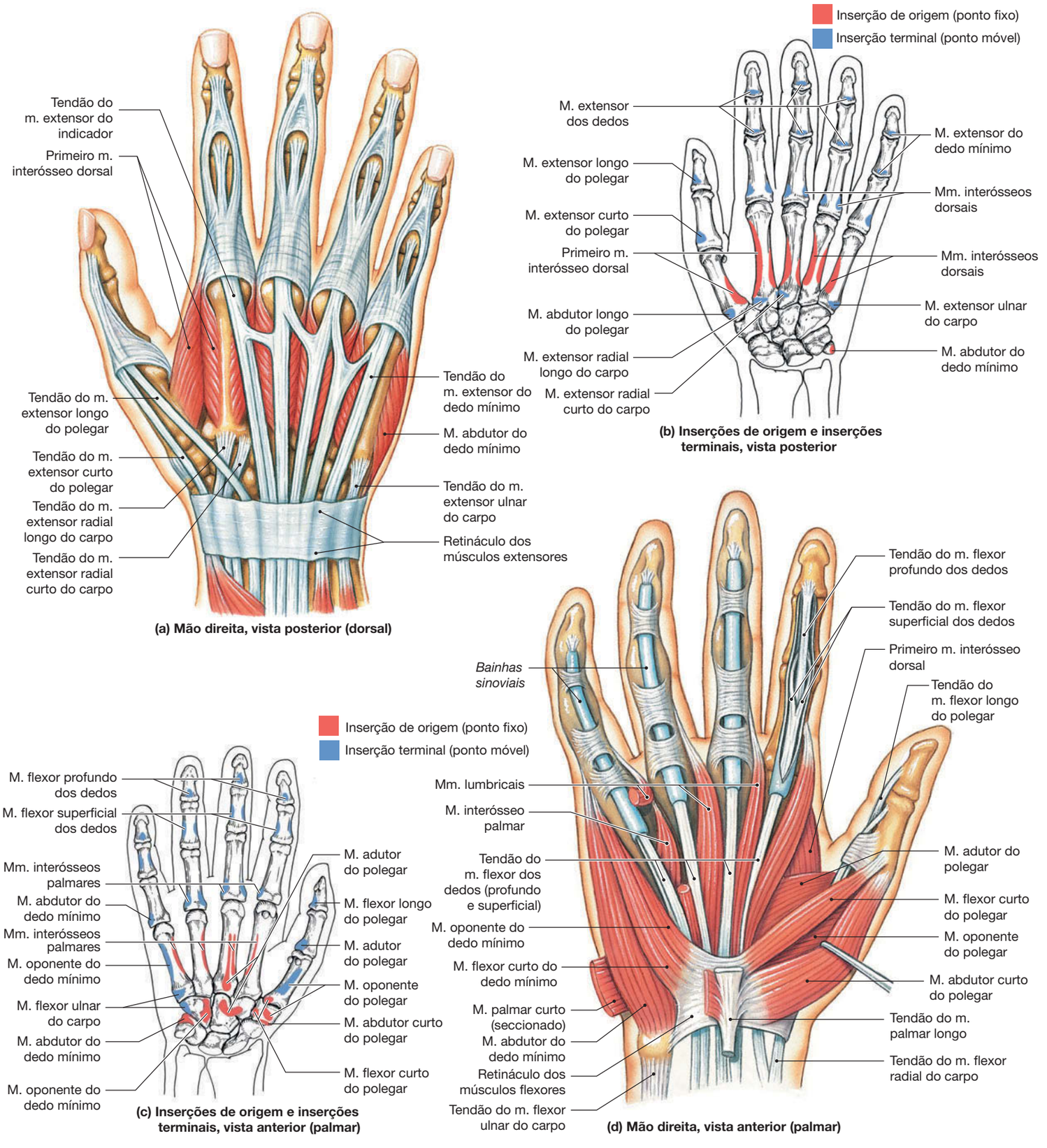
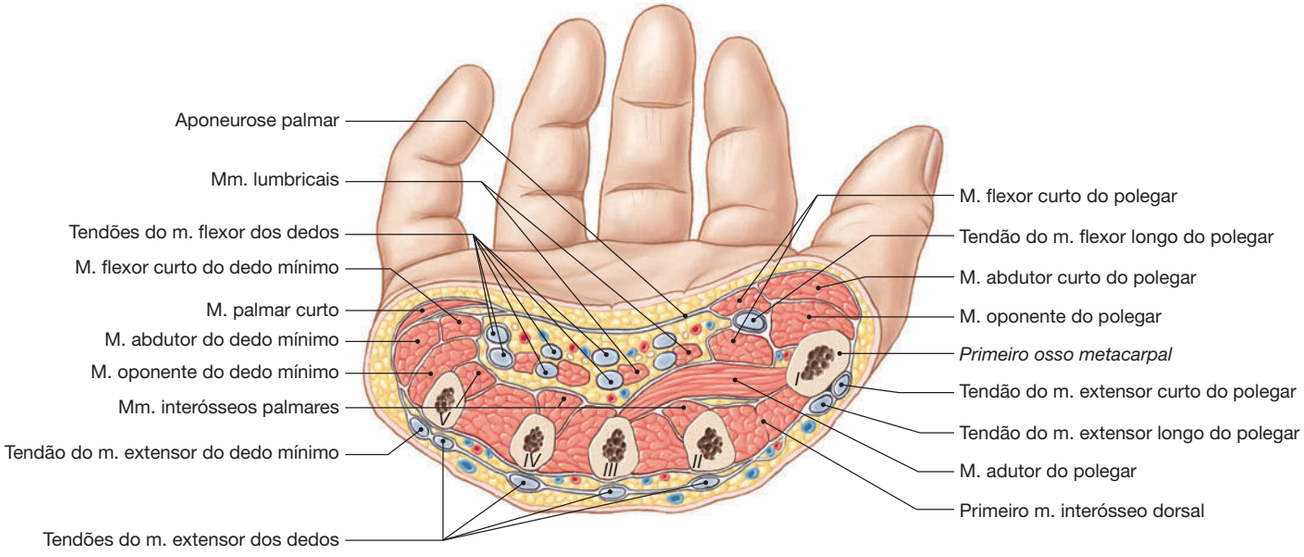
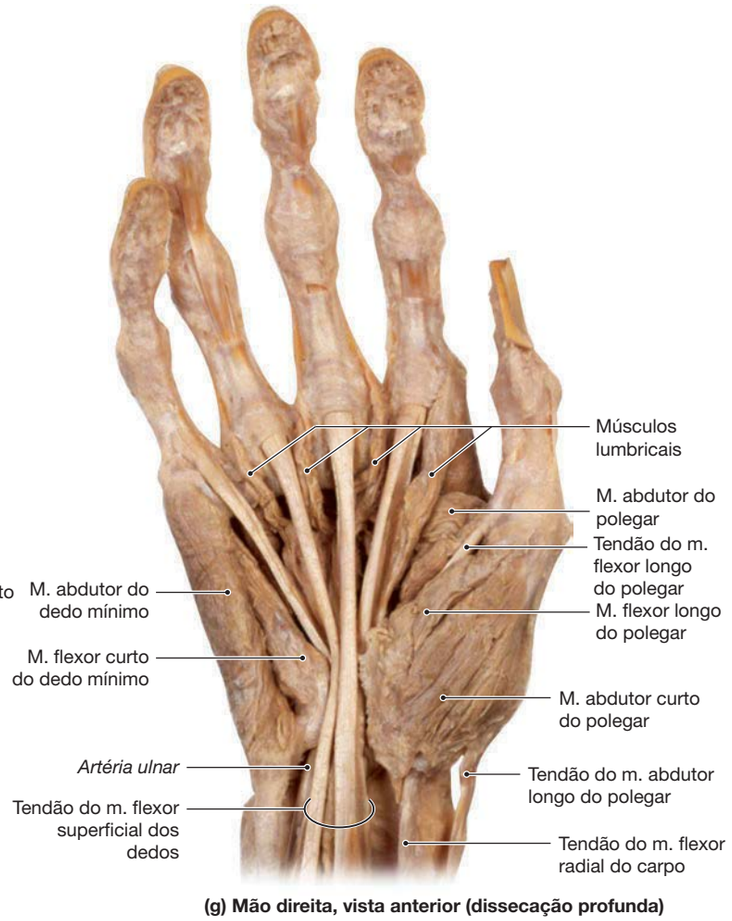


Figura 11.11 Músculos intrínsecos, tendões e ligamentos da mão.
Anatomia do punho e mão direitos. (a) Vista posterior (dorsal). (b) Vista posterior dos ossos da mão direita, mostrando as inserções de origem e inserções terminais de músculos selecionados. (c) Vista anterior dos ossos da mão direita, mostrando as inserções de origem e inserções terminais de músculos selecionados. (d) Vista anterior (palmar). (e) Mão direita, secção transversal no nível dos ossos do metacarpo. (f) Vista anterior de dissecação palmar da mão direita. (g) Vista anterior de dissecação profunda da mão direita.



(e) Mão direita, vista em secção transversal no nível dos ossos metacarpais

(f) Mão direita, vista anterior (palmar)



(g) Mão direita, vista anterior (dissecação profunda)

Figura 11.11 (*continuação*).

Músculos do cíngulo do membro inferior e membros inferiores

O cíngulo do membro inferior é firmemente ligado ao esqueleto axial, e relativamente pouco movimento é permitido. Os poucos músculos que podem interferir no posicionamento da pelve foram considerados no Capítulo 10, durante a discussão da musculatura axial. Os músculos dos membros inferiores são maiores e mais poderosos do que os dos membros superiores. Esses músculos podem ser divididos em três grupos: (1) *músculos que movimentam a coxa*, (2) *músculos que movimentam a perna* e (3) *músculos que movimentam o pé e os dedos.*

Músculos que movimentam a coxa

[Figuras 11.2/11.5/11.12 a 11.14 e Tabela 11.6]

Os músculos que movimentam a coxa possuem suas inserções de origem na pelve; muitos são grandes e potentes. Os músculos que movimentam a coxa estão agrupados em (a) grupo glúteo, (b) grupo rotador lateral, (c) grupo adutor e (d) grupo iliopsoas. Os **músculos glúteos** recobrem a superfície lateral do ílio (Figuras 11.2, 11.5 e 11.12). O **músculo glúteo máximo** é o maior e mais superficial dos músculos glúteos. Ele possui inserção de origem ao longo da linha glútea posterior e porções adjacentes da crista ilíaca; no sacro, no cóccix e ligamentos associados; e na aponeurose toracolombar. Isoladamente, este grande músculo produz extensão e rotação lateral no quadril. O músculo glúteo máximo compartilha uma inserção terminal com o **músculo tensor da fáscia lata**, que se origina na crista ilíaca e superfície lateral da espinha ilíaca ântero-posterior. Conjuntamente, estes músculos tracionam o **trato iliotibial**, uma faixa de fibras colágenas que se estende ao longo da superfície lateral da coxa e se insere na tíbia. Esse trato fornece uma cinta de sustentação lateral para o joelho, que tem particular importância quando o indivíduo equilibra-se em um pé só.

O **músculo glúteo médio** e o **músculo glúteo mínimo** (Figura 11.12) possuem inserções de origem anteriormente ao glúteo máximo e as inserções terminais no trocanter maior do fêmur. Ambos produzem abdução e rotação medial na articulação do quadril. A linha glútea anterior na superfície lateral do ílio marca o limite entre esses músculos. pág. 188

Os seis **rotadores laterais** (Figuras 11.12a,c e 11.13) possuem inserção de origem no, ou inferiormente ao, eixo horizontal do acetábulo e inserção terminal no fêmur. Todos produzem rotação lateral da coxa; além disso, o **músculo piriforme** produz abdução no quadril. O músculo piriforme e os **músculos obturadores** (externo e interno) são os principais rotadores laterais.

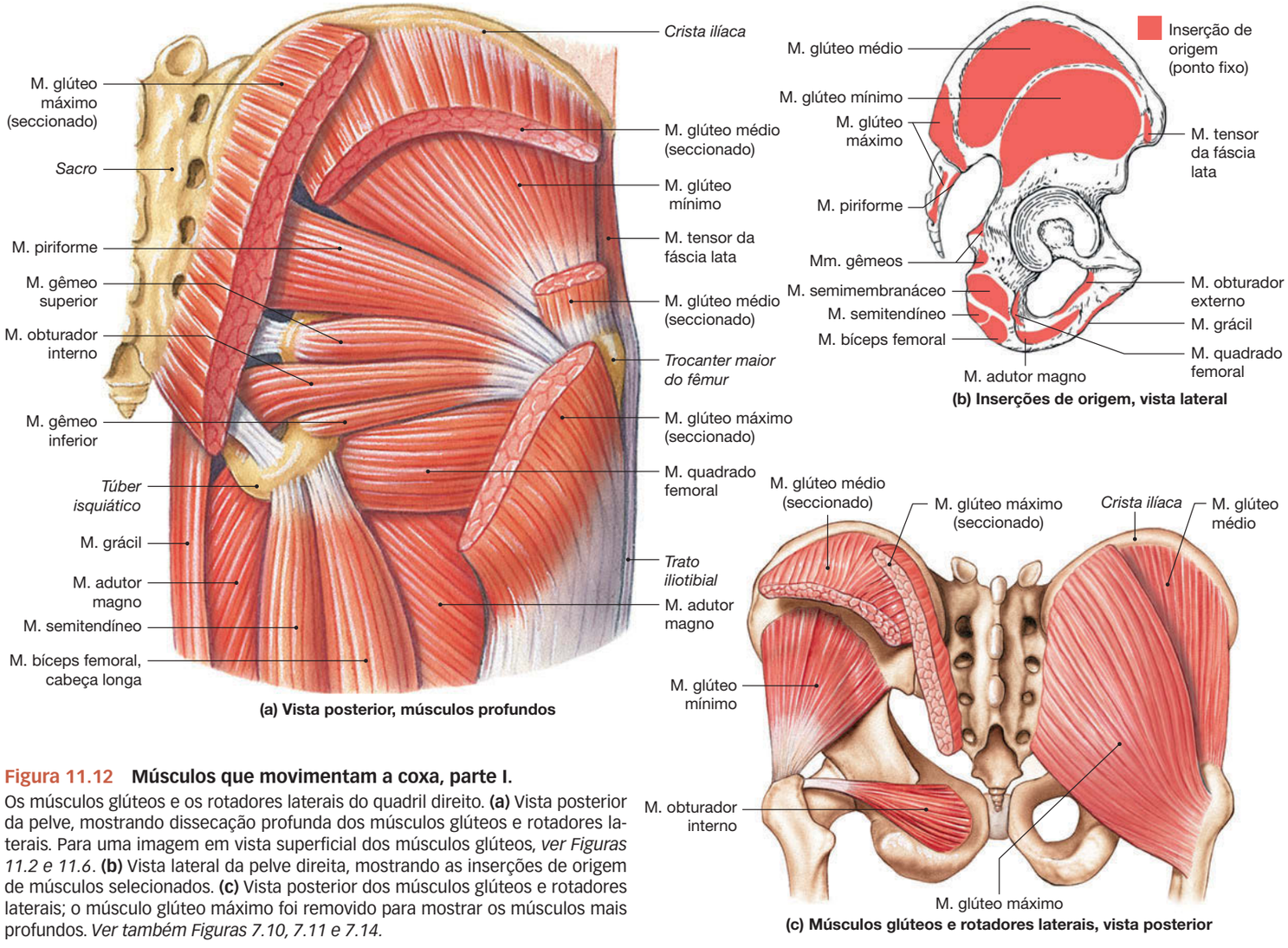


Figura 11.12 Músculos que movimentam a coxa, parte I.
Os músculos glúteos e os rotadores laterais do quadril direito. **(a)** Vista posterior da pelve, mostrando dissecação profunda dos músculos glúteos e rotadores laterais. Para uma imagem em vista superficial dos músculos glúteos, *ver Figuras 11.2 e 11.6*. **(b)** Vista lateral da pelve direita, mostrando as inserções de origem de músculos selecionados. **(c)** Vista posterior dos músculos glúteos e rotadores laterais; o músculo glúteo máximo foi removido para mostrar os músculos mais profundos. *Ver também Figuras 7.10, 7.11 e 7.14.*

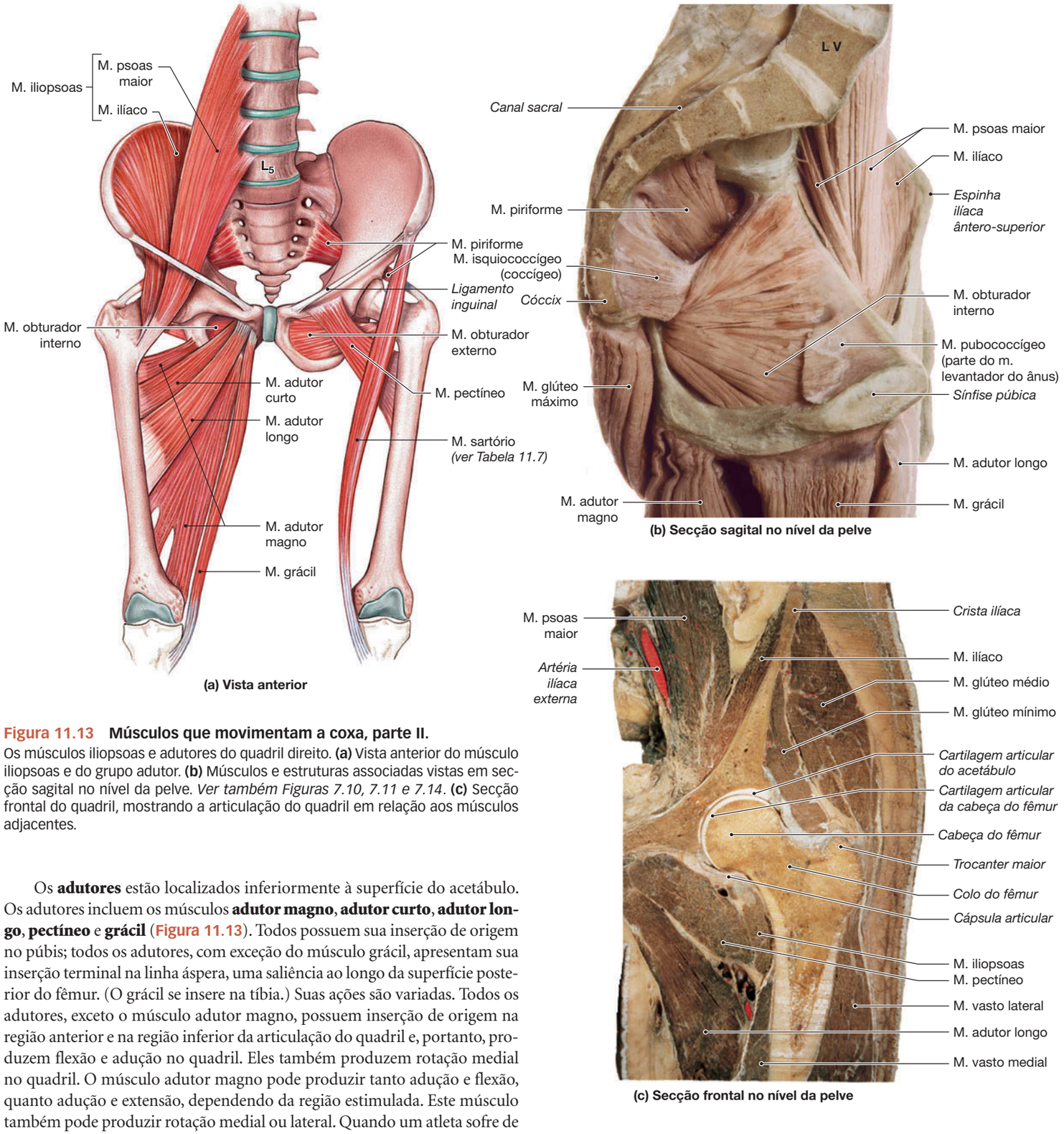


Figura 11.13 Músculos que movimentam a coxa, parte II.
Os músculos iliopsoas e adutores do quadril direito. **(a)** Vista anterior do músculo iliopsoas e do grupo adutor. **(b)** Músculos e estruturas associadas vistas em secção sagital no nível da pelve. *Ver também Figuras 7.10, 7.11 e 7.14*. **(c)** Secção frontal do quadril, mostrando a articulação do quadril em relação aos músculos adjacentes.

Os **adutores** estão localizados inferiormente à superfície do acetábulo. Os adutores incluem os músculos **adutor magno**, **adutor curto**, **adutor longo**, **pectíneo** e **grácil** (Figura 11.13). Todos possuem sua inserção de origem no púbis; todos os adutores, com exceção do músculo grácil, apresentam sua inserção terminal na linha áspera, uma saliência ao longo da superfície posterior do fêmur. (O grácil se insere na tíbia.) Suas ações são variadas. Todos os adutores, exceto o músculo adutor magno, possuem inserção de origem na região anterior e na região inferior da articulação do quadril e, portanto, produzem flexão e adução no quadril. Eles também produzem rotação medial no quadril. O músculo adutor magno pode produzir tanto adução e flexão, quanto adução e extensão, dependendo da região estimulada. Este músculo também pode produzir rotação medial ou lateral. Quando um atleta sofre de *distensão da virilha*, o problema é um *estiramento* – a laceração ou ruptura das fibras – em um desses músculos adutores.

A superfície medial da pelve é dominada por um único par de músculos. O **músculo psoas maior** possui inserção de origem ao longo da região inferior da aponeurose toracolombar e vértebras lombares, e sua inserção está localizada no trocanter menor do fêmur. Antes de atingir sua inserção terminal, seu tendão mescla-se com o tendão do **músculo ilíaco** que se situa na fossa ilíaca. Esses dois músculos, poderosos flexores do quadril, passam profundamente ao *ligamento inguinal* e são freqüentemente citados como o **músculo iliopsoas** (Figura 11.13).

Um método para organizar as informações sobre estes diversos músculos é considerar suas orientações em torno da articulação do quadril. Músculos que possuem inserção de origem na superfície da pelve e inserção terminal no fêmur produzirão movimentos característicos determinados por suas posições em relação ao acetábulo (Tabela 11.6).

Da mesma forma que analisamos os músculos do ombro (págs. 290-292), as relações entre as linhas de ação e o eixo do quadril podem ser utilizadas para deduzir as ações de vários músculos e grupos musculares. Ao considerar as linhas de ação dos músculos que atuam no quadril, deve-se lembrar que (1) o colo do fêmur forma um ângulo que se distancia inferiormente e lateralmente do acetábulo do quadril, (2) o fêmur é curvo e rodado no seu trajeto do quadril ao joelho (**Figuras 8.14** e **8.15**) ∞ **págs. 222, 223** e (3) muitos dos músculos que atuam no quadril são muito grandes e apresentam inserções de origem que se estendem ao longo de uma área ampla. Como resultado, esses músculos geralmente apresentam mais de uma linha de ação e, portanto, produzem mais de uma ação no quadril (**Figura 11.14a**). Por exemplo, considere o adutor magno, um grande músculo do quadril que apresenta três linhas de ação (**Figura 11.14b**). Uma ou outra ação pode ser verificada, dependendo da parte do músculo que for ativada; quando o músculo todo se contrai, ele produz uma combinação de flexão, extensão e adução no quadril.

A articulação do quadril, como a do ombro, é uma articulação sinovial multiaxial que permite flexão/extensão, adução/abdução e rotação medial/lateral. Em termos gerais, as ações musculares podem ser resumidas como (**Figura 11.4c**):

TABELA 11.6 Músculos que movimentam a coxa

Músculo	Inserção de origem (ponto fixo)	Inserção terminal (ponto móvel)	Ação	Inervação
GRUPO GLÚTEO				
Glúteo máximo	Crista ilíaca, linha glútea posterior e superfície lateral do ílio; sacro, cóccix e aponeurose toracolombar	Trato iliotibial e tuberosidade glútea do fêmur	Extensão e rotação lateral no quadril; auxilia a estabilização do joelho em posição de extensão; abdução no quadril (apenas as fibras superiores)	Nervo glúteo inferior (L5-S2)
Glúteo médio	Crista ilíaca anterior, superfície lateral do ílio entre as linhas glúteas posterior e anterior	Trocanter maior do fêmur	Abdução e rotação medial no quadril	Nervo glúteo superior (L4-S1)
Glúteo mínimo	Superfície lateral do ílio entre as linhas glúteas inferior e anterior	Idem ao anterior	Idem ao anterior	Idem ao anterior
Tensor da fáscia lata	Crista ilíaca e superfície lateral da espinha ilíaca ântero-superior	Trato iliotibial	Abdução e rotação medial no quadril; extensão e rotação lateral no joelho; tensiona a fáscia lata, que apóia lateralmente o joelho	Idem ao anterior
GRUPO ROTADOR LATERAL				
Obturadores (externo e interno)	Margens lateral e medial do forame obturado	Fossa trocantérica do fêmur (externo); superfície medial do trocanter maior (interno)	Rotação lateral e abdução do quadril; contribui para manter a integridade e estabilidade do quadril	Nervo obturatório (externo: L3-L4) e nervo especial do plexo sacral (interno: L5-S2)
Piriforme	Superfície ântero-medial do sacro	Trocanter maior do fêmur	Idem ao anterior	Ramos dos nervos sacrais (S1-S2)
Gêmeos (superior e inferior)	Espinha isquiática (gêmeo superior) e tuberosidade isquiática (gêmeo inferior)	Superfície medial do trocanter maior via tendão do obturador interno	Idem ao anterior	Nervos para o obturador interno e o quadrado femoral
Quadrado femoral	Margem lateral da tuberosidade isquiática	Crista intertrocantérica do fêmur	Rotação lateral do quadril	Nervos especiais do plexo sacral (L4-S1)
GRUPO ADUTOR				
Adutor curto	Ramo inferior do púbis	Linha áspera do fêmur	Adução e flexão no quadril	Nervo obturatório (L3-L4)
Adutor longo	Ramo inferior do púbis, anteriormente ao adutor curto	Idem ao anterior	Adução, flexão e rotação medial no quadril	Idem ao anterior
Adutor magno	Ramo inferior do púbis, posteriormente ao adutor curto e tuberosidade isquiática	Linha áspera e tubérculo adutor do fêmur	Todo o músculo produz adução no quadril; a parte anterior produz flexão e rotação medial; a parte posterior produz extensão	Nervos obturatório e isquiático
Pectíneo	Ramo superior do púbis	Linha pectínea inferior ao trocanter menor do fêmur	Flexão e adução no quadril	Nervo femoral (L2-L4)
Grácil	Ramo inferior do púbis	Superfície medial da tíbia, inferiormente ao côndilo medial	Flexão e rotação medial no joelho; adução e rotação medial no quadril	Nervo obturatório (L3-L4)
GRUPO ILIOPSOAS				
Ilíaco	Fossa ilíaca	Fêmur, distalmente ao trocanter menor; tendão fusionado com o do psoas maior	Flexão no quadril e/ou articulações intervertebrais lombares	Nervo femoral (L2-L3)
Psoas maior	Superfícies anteriores e processos transversos das vértebras (T XII-L V)	Trocanter menor juntamente com o ilíaco	Idem ao anterior	Ramos do plexo lombar (L2-L3)

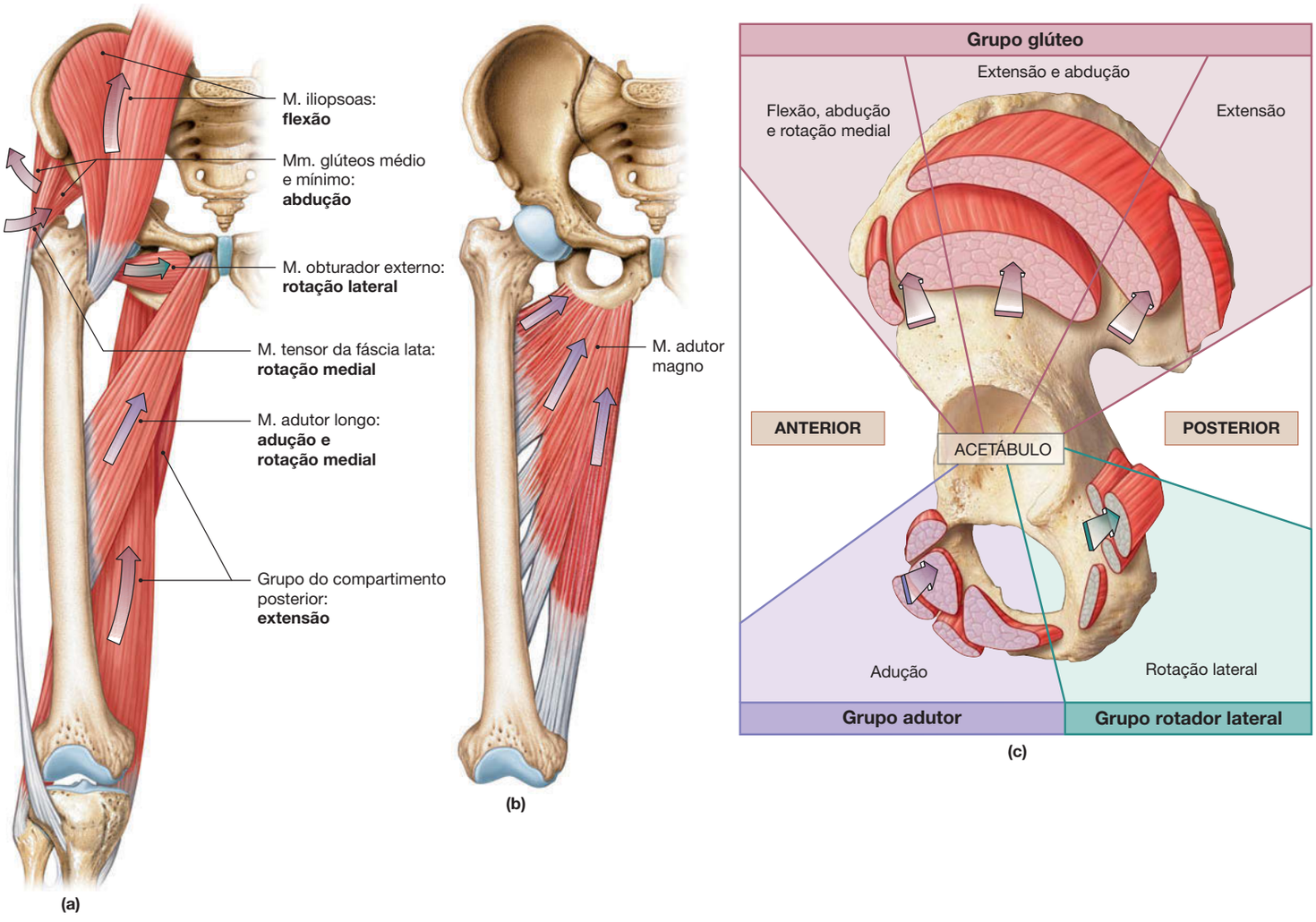


Figura 11.14 Relações entre as linhas de ação e o eixo de movimentação da articulação do quadril.
(a) Exemplos de vários músculos que apresentam mais de uma linha de ação cruzando o eixo do quadril. **(b)** Linhas de ação do músculo adutor magno. **(c)** Vista lateral da articulação do quadril, demonstrando as linhas de ação dos músculos que movimentam a coxa.

Nota clínica

Injeções intramusculares Drogas são comumente injetadas nos tecidos, por meio de agulhas ocas, em vez de diretamente na corrente sangüínea (pelo acesso de vasos sangüíneos, que pode ser tecnicamente mais complicado). Uma *injeção intramuscular (IM)* introduz uma quantidade razoavelmente grande de uma droga, que então entrará gradualmente na circulação. A droga é introduzida na massa de um grande músculo esquelético. A absorção costuma ser mais rápida e a irritação tecidual é mais discreta se comparada à administração intradérmica ou subcutânea (quando as drogas são injetadas na camada dérmica ou subcutânea, respectivamente). Dependendo do tamanho do músculo, injeções únicas de até 5 mL de líquido podem ser feitas, e múltiplas injeções também são possíveis. A escolha entre a técnica de injeção e o local da injeção é baseada no tipo de droga e na sua concentração.

Para injeções intramusculares, as complicações mais comuns envolvem injeção acidental de líquido dentro de um vaso sangüíneo ou transfixação de um nervo. A penetração rápida de grande quantidade de uma droga dentro da corrente sangüínea pode ter conseqüências letais, e a lesão de um nervo pode causar paralisia ou perda da sensibilidade, motivo pelo qual o local da injeção deve ser escolhido com cuidado. Músculos volumosos que contêm poucos vasos sangüíneos ou nervos calibrosos são locais ideais. O músculo glúteo médio ou a região posterior, látero-superior do músculo glúteo máximo é geralmente eleita. O músculo deltóide, na região localizada em torno de 2,5 cm distalmente ao acrômio, é outro local efetivo. Provavelmente mais satisfatório do ponto de vista técnico é o músculo vasto lateral na coxa; uma injeção neste músculo volumoso não encontrará vasos ou nervos, mas pode causar dor posteriormente quando o músculo é solicitado na caminhada. Este é o local preferido de injeção em crianças antes que comecem a andar, pois seus músculos glúteo e deltóide são relativamente pequenos. Este local é também preferencialmente utilizado em pacientes mais idosos ou com atrofia dos músculos glúteo e deltóide.

- Músculos cujas linhas de ação passam posteriormente ao eixo da articulação do quadril, como os do compartimento posterior da perna, são extensores do quadril.
- Músculos cujas linhas de ação passam anteriormente ao eixo da articulação do quadril, como o grupo iliopsoas e as fibras anteriores do glúteo médio, são flexores do quadril.
- Músculos cujas linhas de ação passam medialmente ao eixo da articulação do quadril, como o músculo adutor longo, são adutores da articulação do quadril.
- Músculos cujas linhas de ação passam lateralmente ao eixo da articulação do quadril, como o glúteo médio e o glúteo mínimo, são abdutores do quadril.

Músculos cujas linhas de ação passam medialmente ao eixo da articulação do quadril, como o tensor da fáscia lata ou o adutor longo (**Figuras 11.14** e **11.15**), podem produzir rotação medial naquela articulação, enquanto músculos cujas linhas de ação passam lateralmente ao eixo da articulação do quadril, como o obturador externo, podem produzir rotação lateral naquela articulação.

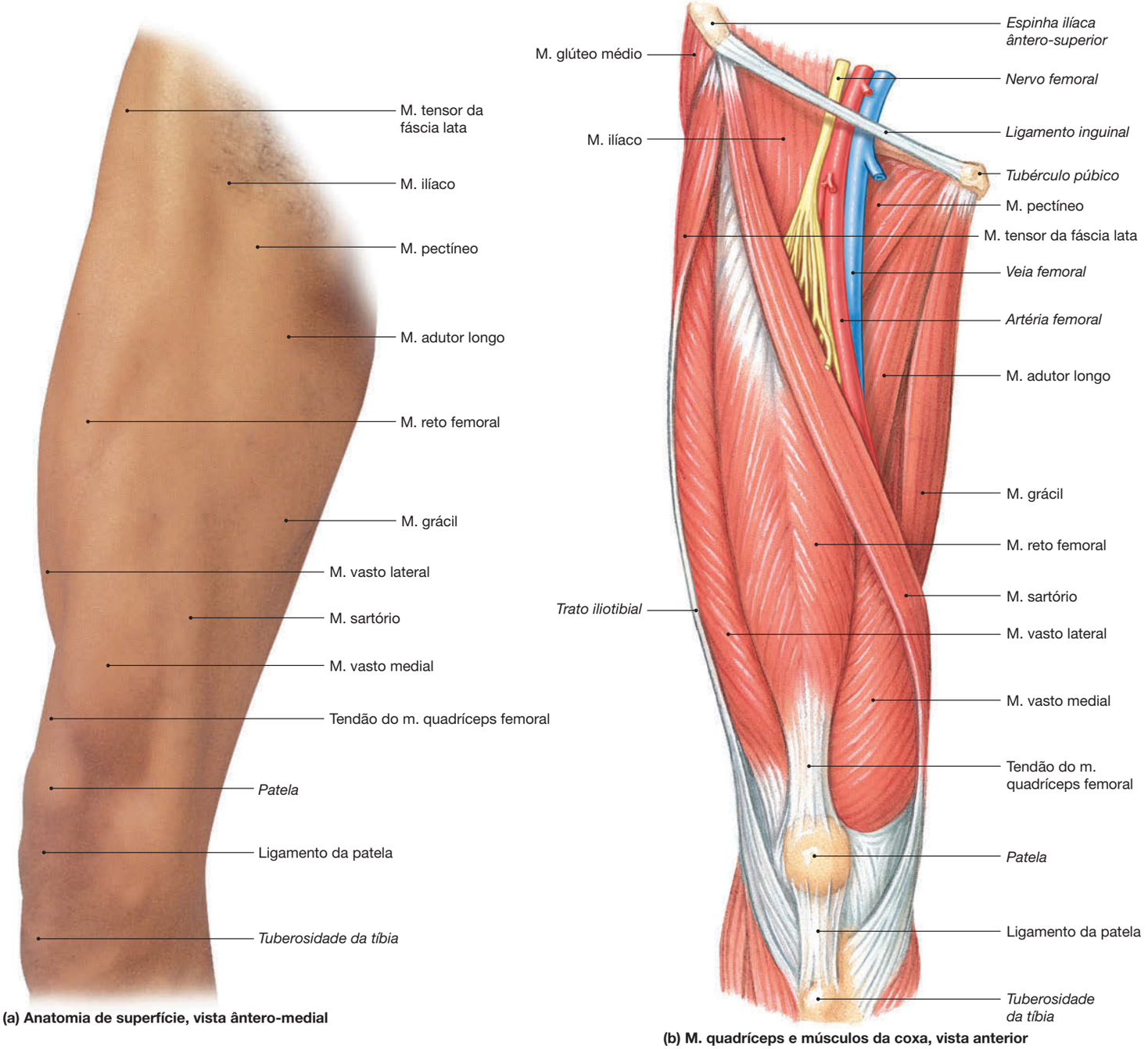


Figura 11.15 **Músculos que movimentam a perna, parte I.**
(a) Anatomia de superfície, vista ântero-medial da coxa direita. **(b)** Vista anterior, diagramática, dos músculos superficiais da coxa direita. **(c)** Vista anterior de uma dissecação dos músculos da coxa direita. **(d)** Secção transversal da coxa direita. **(e)** Vista anterior dos ossos do membro inferior direito, mostrando as inserção de origem (ponto fixo) e as inserções terminais (ponto móvel) dos músculos selecionados.

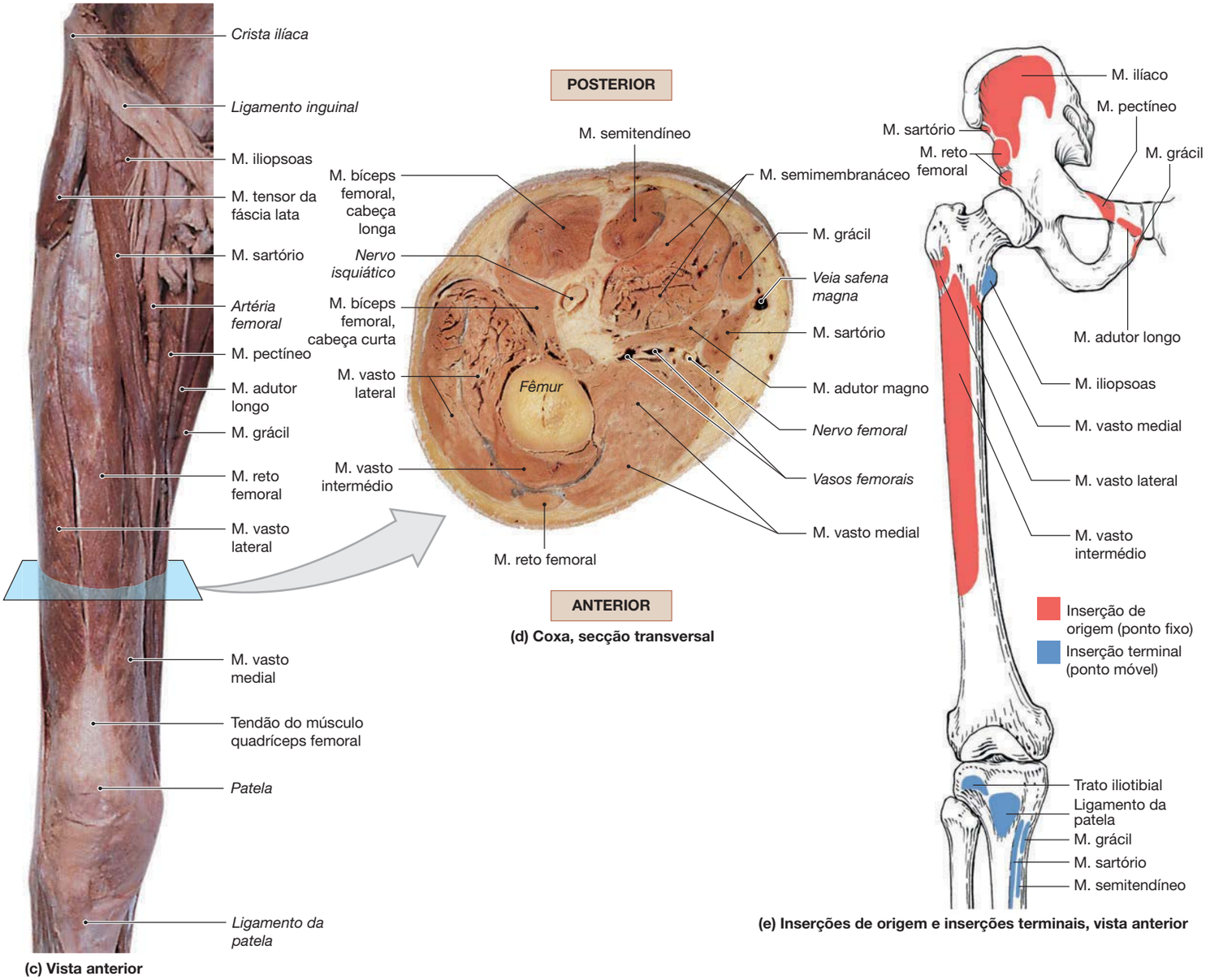
Músculos que movimentam a perna

[Figuras 11.15 a 11.17 e Tabela 11.7]

Os músculos que movimentam a perna encontram-se detalhados nas **Figuras 11.15** a **11.17** e na Tabela 11.7. De forma análoga à análise dos músculos do ombro e músculos do quadril (págs. 290-292, 304-305), as relações entre as linhas de ação e o eixo da articulação do joelho podem ser utilizadas para deduzir as ações de vários músculos e grupos musculares. Contudo, a orientação anterior/posterior dos músculos que movimentam a perna é reversa. Esta situação está relacionada à rotação do membro durante o desenvolvimento embriológico (*ver Capítulo 28, Embriologia e Desenvolvimento Humano)*. Como resultado:

- Músculos cujas linhas de ação passam anteriormente ao eixo da articulação do joelho, como o quadríceps femoral, são extensores do joelho.
- Músculos cujas linhas de ação passam posteriormente ao eixo da articulação do joelho, como os músculos do compartimento posterior, são flexores do joelho.

A maioria dos músculos extensores possui inserção de origem na superfície do fêmur e se estende ao longo das superfícies ântero-lateral da coxa (**Figuras 11.15** e **11.16**). Os músculos flexores têm as inserções de origem no cíngulo do membro inferior e se estendem ao longo das superfícies póstero-medial da coxa (**Figura 11.17**). Coletivamente, os extensores do joelho (**Figuras 11.15** e **11.16**) são chamados de *músculo quadríceps femoral*. Os três **músculos vastos** (**vasto lateral**, **vasto medial** e **vasto intermédio**) têm as inserções de origem ao longo do corpo do fêmur e eles abrigam o **músculo reto femoral** como "um pão envolvendo a salsicha de um cachorro-quente". Todos os quatro músculos têm as inserções terminais na tuberosidade da tíbia via tendão do músculo quadríceps femoral, na patela e no ligamento da patela. O músculo reto femoral possui inserção de origem na espinha ilíaca ântero-inferior de forma que, além de produzir extensão do joelho, pode auxiliar na flexão do quadril.



(c) Vista anterior

(d) Coxa, secção transversal

(e) Inserções de origem e inserções terminais, vista anterior

Figura 11.15 ***(continuação)*.**

TABELA 11.7 Músculos que movimentam a perna

Músculo	Inserção de origem (ponto fixo)	Inserção terminal (ponto móvel)	Ação	Inervação
FLEXORES DO JOELHO				
Bíceps femoral	Túber isquiático e linha áspera do fêmur	Cabeça da fíbula, côndilo lateral da tíbia	Flexão no joelho; extensão e rotação lateral no quadril	Nervo isquiático; parte tibial (S1-S3 para cabeça longa) e ramo fibular comum (L5-S2 para cabeça curta)
Semimembranáceo	Túber isquiático	Superfície posterior do côndilo medial da tíbia	Flexão no joelho; extensão e rotação medial no quadril	Nervo isquiático (parte tibial L5-S2)
Semitendíneo	Idem ao anterior	Superfície proximal medial da tíbia, próxima à inserção do m. grácil	Idem ao anterior	Idem ao anterior
Sartório	Espinha ilíaca ântero-superior	Superfície medial da tíbia, próxima à tuberosidade da tíbia	Flexão no joelho; abdução, flexão e rotação lateral no quadril	Nervo femoral (L2-L3)
Poplíteo	Côndilo lateral do fêmur	Superfície posterior da parte proximal do corpo da tíbia	Rotação medial da tíbia (ou rotação lateral do fêmur) no joelho; flexão no joelho	Nervo tibial (L4-S1)
EXTENSORES DO JOELHO				
Reto femoral	Espinha ilíaca ântero-inferior e margem acetabular anterior do ílio	Tuberosidade da tíbia via tendão do m. quadríceps femoral, patela e ligamento da patela	Extensão no joelho; flexão no quadril	Nervo femoral (L2-L4)
Vasto intermédio	Superfície ântero-lateral do fêmur e linha áspera (metade distal)	Idem ao anterior	Extensão no joelho	Idem ao anterior
Vasto lateral	Ântero-inferiormente ao trocanter maior do fêmur e ao longo da linha áspera (metade proximal)	Idem ao anterior	Idem ao anterior	Idem ao anterior
Vasto medial	Toda a extensão da linha áspera do fêmur	Idem ao anterior	Idem ao anterior	Idem ao anterior

TABELA 11.8 Músculos que movimentam o pé e os dedos

Músculo	Inserção de origem (ponto fixo)	Inserção terminal (ponto móvel)	Ação	Inervação
AÇÃO NO TORNOZELO				
DORSIFLEXORES				
Tibial anterior	Côndilo lateral e parte proximal do corpo da tíbia	Base do primeiro osso metatarsal e cuneiforme medial	Dorsiflexão no tornozelo; inversão do pé	Nervo fibular profundo (L4-S1)
FLEXORES PLANTARES				
Gastrocnêmio	Côndilos do fêmur	Calcâneo, via tendão do calcâneo	Flexão plantar no tornozelo; flexão no joelho	Nervo tibial (S1-S2)
Fibular curto	Margem médio-lateral da fíbula	Base do quinto osso metatarsal	Eversão do pé e flexão plantar no tornozelo	Nervo fibular superficial (L4-S1)
Fibular longo	Cabeça e parte proximal do corpo da fíbula	Base do primeiro osso metatarsal e cuneiforme medial	Eversão do pé e flexão plantar no tornozelo; apóia os arcos longitudinal e transverso	Idem ao anterior
Plantar	Linha supracondilar lateral	Parte posterior do calcâneo	Flexão plantar no tornozelo; flexão no joelho	Nervo tibial (L4-S1)
Sóleo	Cabeça e parte proximal do corpo da fíbula e parte póstero-medial adjacente do corpo da tíbia	Calcâneo, via tendão do calcâneo (com o m. gastrocnêmio)	Flexão plantar no tornozelo; músculo postural ao se posicionar em pé	Nervo isquiático, ramo tibial (S1-S2)
Tibial posterior	Membrana interóssea e parte adjacente do corpo da tíbia e da fíbula	Navicular, todos os três cuneiformes, cubóide, segundo, terceiro e quarto ossos metatarsais	Inversão do pé, flexão plantar no tornozelo	Idem ao anterior
AÇÃO NOS DEDOS				
FLEXORES DOS DEDOS				
Flexor longo dos dedos	Superfície póstero-medial da tíbia	Superfície inferior das falanges distais dos dedos II-V	Flexão das articulações dos dedos II-V; flexão plantar no tornozelo	Ramo tibial (L5-S1)
Flexor do hálux	Superfície posterior da fíbula	Superfície inferior da falange distal do hálux	Flexão nas articulações do hálux; flexão plantar no tornozelo	Idem ao anterior
EXTENSORES DOS DEDOS				
Extensor longo dos dedos	Côndilo lateral da tíbia, superfície anterior da fíbula	Superfície superior das falanges dos dedos II-V	Extensão dos dedos II-V; dorsiflexão no tornozelo	Nervo fibular profundo (L5, S1)
Extensor longo do hálux	Superfície anterior da fíbula	Superfície superior da falange distal do hálux	Extensão nas articulações do hálux; dorsiflexão no tornozelo	Idem ao anterior

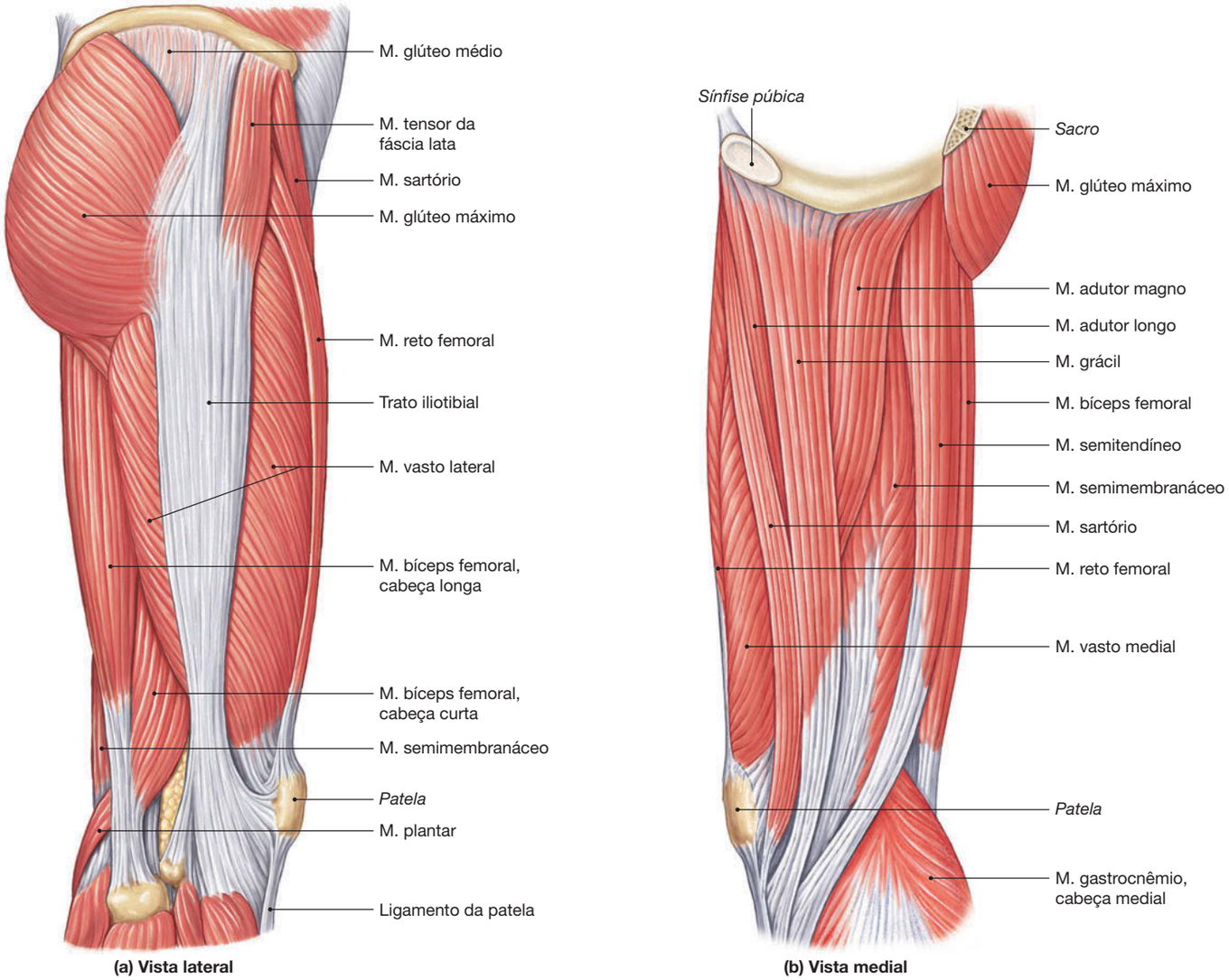


Figura 11.16 Músculos que movimentam a perna, parte II.
(a) Vista lateral dos músculos da coxa direita. **(b)** Vista medial dos músculos da coxa direita.

Os flexores do joelho incluem os **músculos bíceps femoral**, **semimembranáceo**, **semitendíneo** e **sartório** (Figuras 11.15a, 11.16a,b e 11.17). Esses músculos apresentam inserção de origem ao longo das margens da pelve e inserção terminal na tíbia e na fíbula. Sua contração produz flexão no joelho. Como os músculos bíceps femoral, semitendíneo e semimembranáceo se originam na pelve, ínfero-posteriormente ao acetábulo, suas contrações também produzem extensão no quadril. Esses músculos muitas vezes são chamados de *músculos do compartimento posterior*.

O músculo sartório é o único flexor do joelho que se origina superiormente ao acetábulo, e sua inserção terminal localiza-se ao longo da região medial da tíbia. Sua contração produz flexão, abdução e rotação lateral no quadril, como ao se cruzar as pernas. No Capítulo 8, observamos que a articulação do joelho pode ser travada em extensão total por uma leve rotação lateral da tíbia. O pequeno **músculo poplíteo** possui inserção de origem no fêmur, próximo ao côndilo lateral, e inserção terminal na região posterior do corpo da tíbia (Figura 11.18). Quando se inicia a flexão do joelho, esse músculo se contrai para produzir uma leve rotação medial da tíbia que destrava a articulação. A Figura 11.17d mostra a anatomia de superfície da região posterior da coxa e os pontos de referência anatômica associados a alguns dos músculos flexores do joelho.

Músculos que movimentam o pé e os dedos

Músculos extrínsecos do pé [Figuras 11.18 a 11.21a,b e Tabela 11.8]

Os músculos extrínsecos que movimentam o pé e os dedos (Figuras 11.18 a 11.21a,b) estão detalhados na Tabela 11.8. A maioria dos músculos que movimentam o tornozelo produz a flexão plantar, envolvida nos movimentos de caminhar e correr.

O grande **músculo gastrocnêmio**, na "panturrilha", é um importante flexor plantar, mas as fibras musculares lentas do **músculo sóleo**, subjacente, o tornam um músculo mais potente. Esses músculos são observados mais claramente nas vistas posterior e lateral (Figuras 11.18 e 11.19b,c). O músculo gastrocnêmio tem sua inserção de origem de dois tendões, fixos aos côndilos lateral e medial e partes adjacentes do fêmur. Um osso sesamóide, a *fabela*, é geralmente encontrado no interior do músculo gastrocnêmio. Os músculos gastrocnêmio e sóleo compartilham um tendão

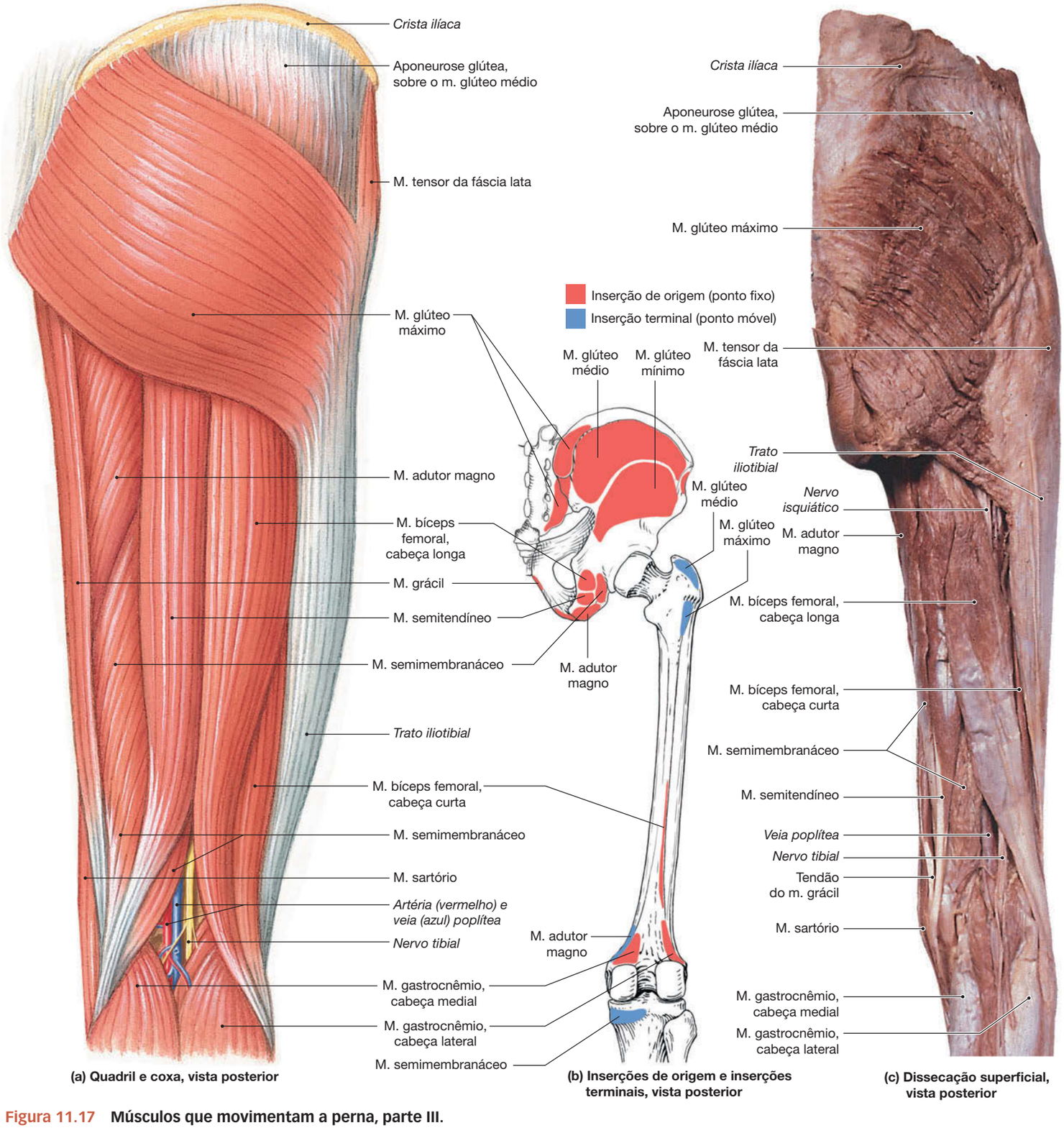


Figura 11.17 Músculos que movimentam a perna, parte III.

(a) Vista posterior dos músculos superficiais da coxa direita. **(b)** Vista posterior dos ossos do quadril, coxa e região proximal da perna direita, mostrando as inserções de origem e inserções terminais dos músculos selecionados. **(c)** Vista posterior de uma dissecação de músculos da coxa e região proximal da perna (parte 1). **(d)** Anatomia de superfície da coxa direita, vista posterior. **(e)** Músculos profundos da coxa direita. **(f)** Vista posterior dos ossos do quadril, coxa e região proximal da perna direita, mostrando as inserções de origem e inserções terminais de músculos selecionados (parte 2).

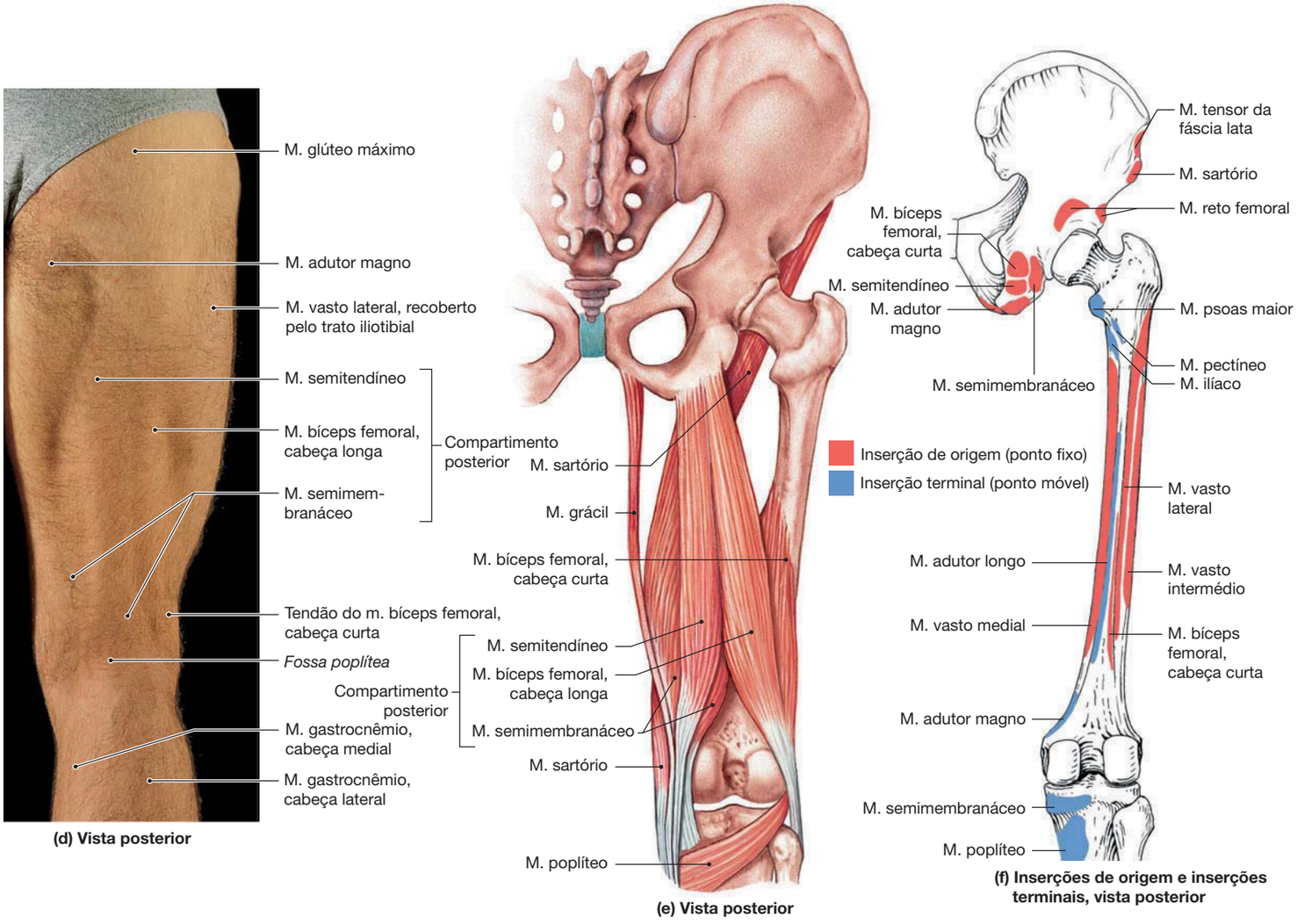


Figura 11.17 (*continuação*).

comum, o **tendão do calcâneo**. Esse tendão também pode ser chamado de "*tendão de Aquiles.*"

Os dois **músculos fibulares** estão parcialmente recobertos pelos músculos gastrocnêmio e sóleo (Figura 11.18b,c,d). Esses músculos realizam eversão do pé e flexão plantar do tornozelo. A inversão do pé é causada pela contração do **músculo tibial**; o grande **músculo tibial anterior** se opõe ao músculo gastrocnêmio e produz dorsiflexão do tornozelo (Figuras 11.19 e 11.20).

Músculos importantes que movimentam os dedos do pé têm inserções de origem na superfície da tíbia, da fíbula, ou de ambas (Figuras 11.18 a 11.20). Grandes faixas tendíneas circundam os tendões dos músculos tibial anterior, extensor longo dos dedos e extensor longo do hálux na região da articulação do tornozelo. As posições destas bainhas são estabilizadas pelos **retináculos superior e inferior dos músculos extensores** (Figuras 11.19, 11.20a e 11.21a).

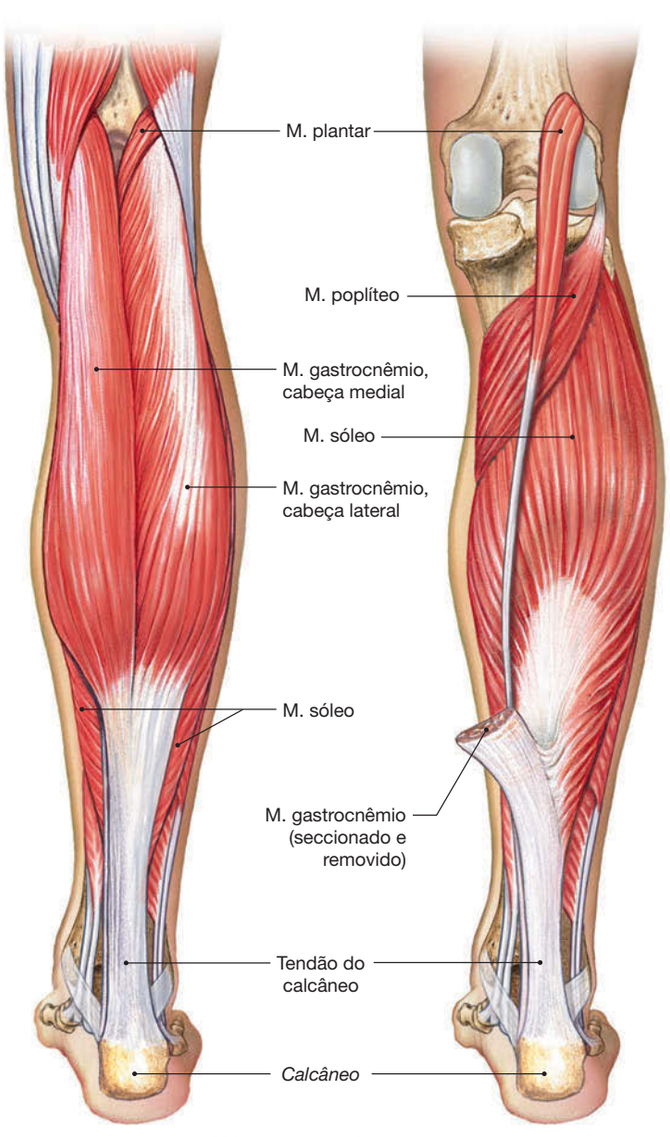
Músculos intrínsecos do pé [Figura 11.21 e Tabela 11.9]

Os pequenos músculos intrínsecos que movimentam os dedos têm inserções de origem nos ossos tarsais e do pé (Figura 11.21 e Tabela 11.9). Alguns dos músculos flexores têm inserções de origem na margem anterior do calcâneo; seu tono muscular contribui para manter o arco longitudinal do pé.

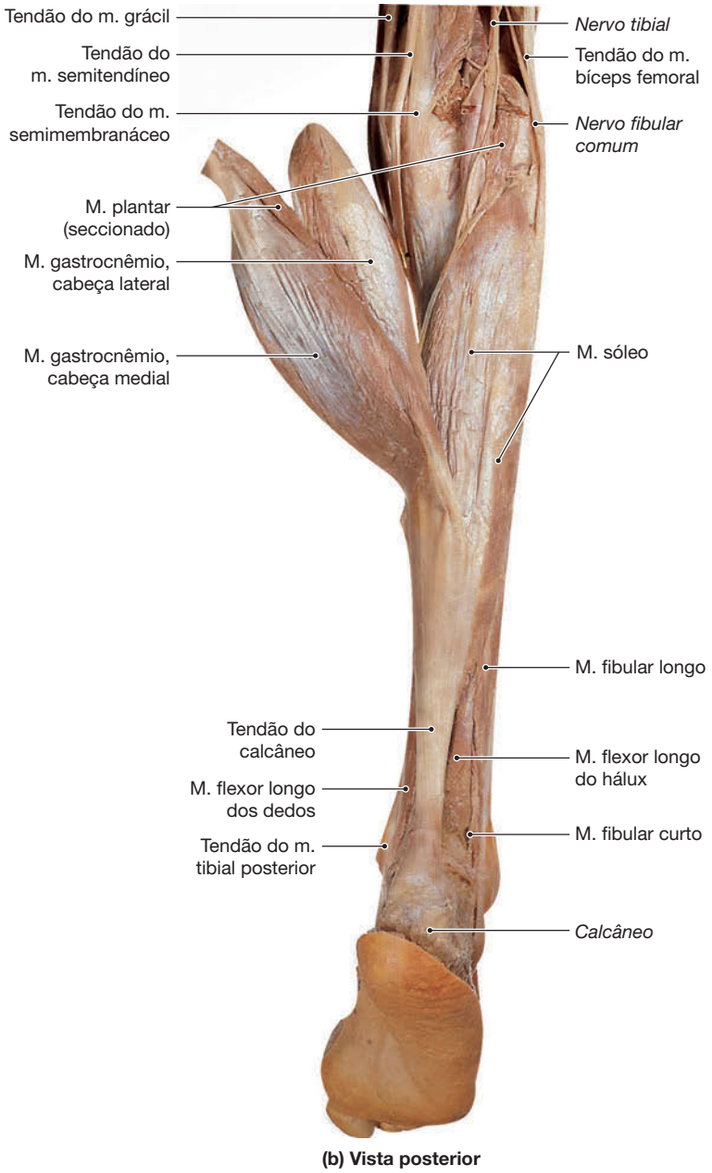
Assim como ocorre na mão, os pequenos músculos interósseos possuem inserção de origem nas superfícies lateral e medial dos ossos metatarsais. Os quatro **músculos interósseos dorsais** abduzem as articulações metatarsofalângicas dos dedos III e IV, enquanto os três **músculos interósseos plantares** aduzem as articulações metatarsofalângicas dos dedos III-V.

Três músculos intrínsecos do pé movimentam o hálux. O **músculo flexor curto do hálux** flete o hálux, enquanto o **músculo adutor do hálux** o aduz e o **músculo abdutor do hálux** o abduz.

Um número maior de músculos intrínsecos participa da flexão das articulações dos dedos em relação aos músculos que participam da exten-

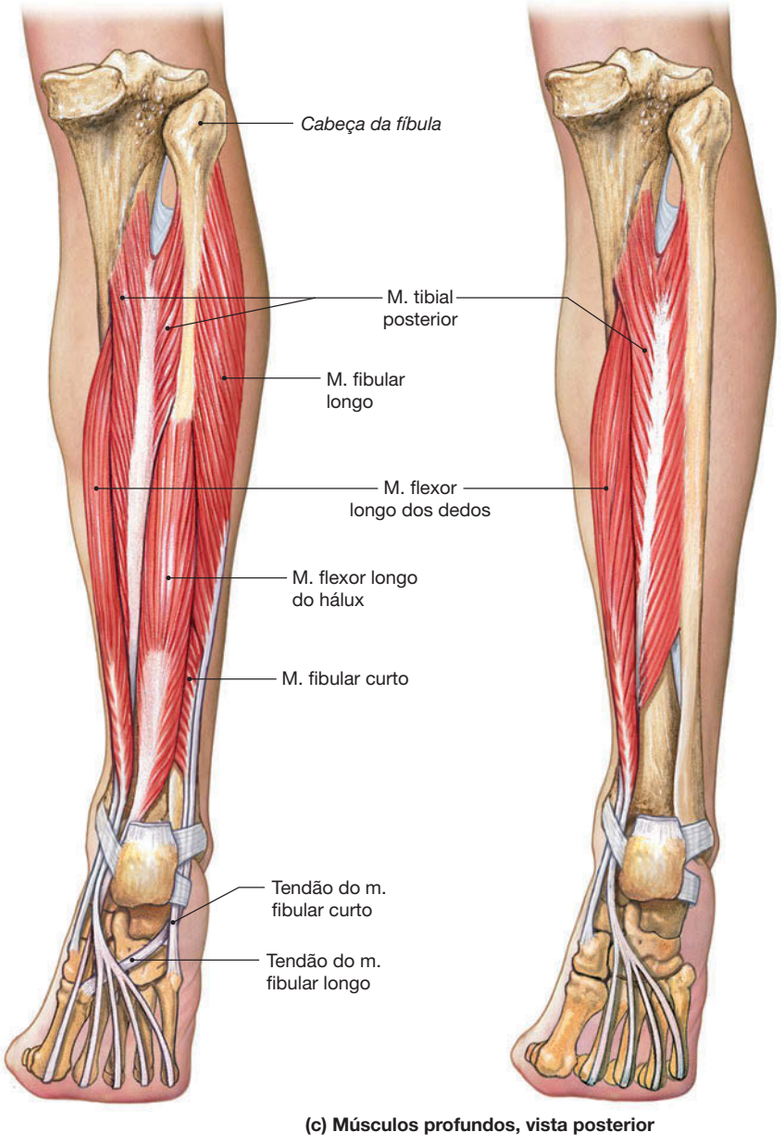


(a) Músculos superficiais, vista posterior

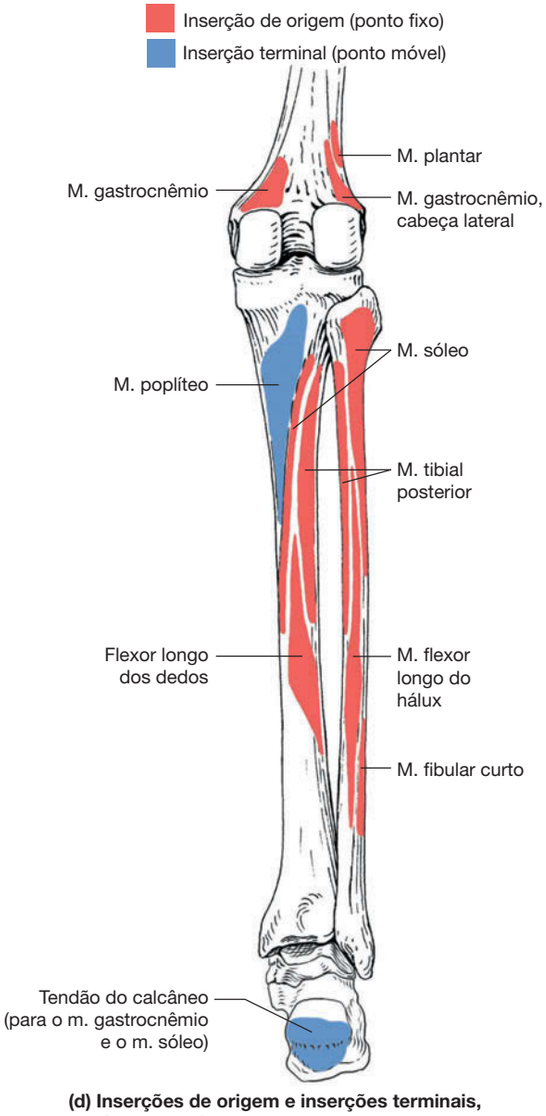


(b) Vista posterior

Figura 11.18 Músculos extrínsecos que movimentam o pé e os dedos, parte I.
(a) Músculos superficiais da superfície posterior da perna; estes grandes músculos são responsáveis fundamentalmente pela flexão plantar. **(b)** Vista posterior de uma dissecação dos músculos superficiais da perna direita. **(c)** Vista posterior dos músculos profundos da perna. **(d)** Vista posterior dos ossos da perna e do pé direitos, mostrando as inserções de origem e as inserções terminais de músculos selecionados. Para vistas em secção, *ver Figura 11.24c,d*.



(c) Músculos profundos, vista posterior



(d) Inserções de origem e inserções terminais, vista posterior

Figura 11.18 (***continuação***).

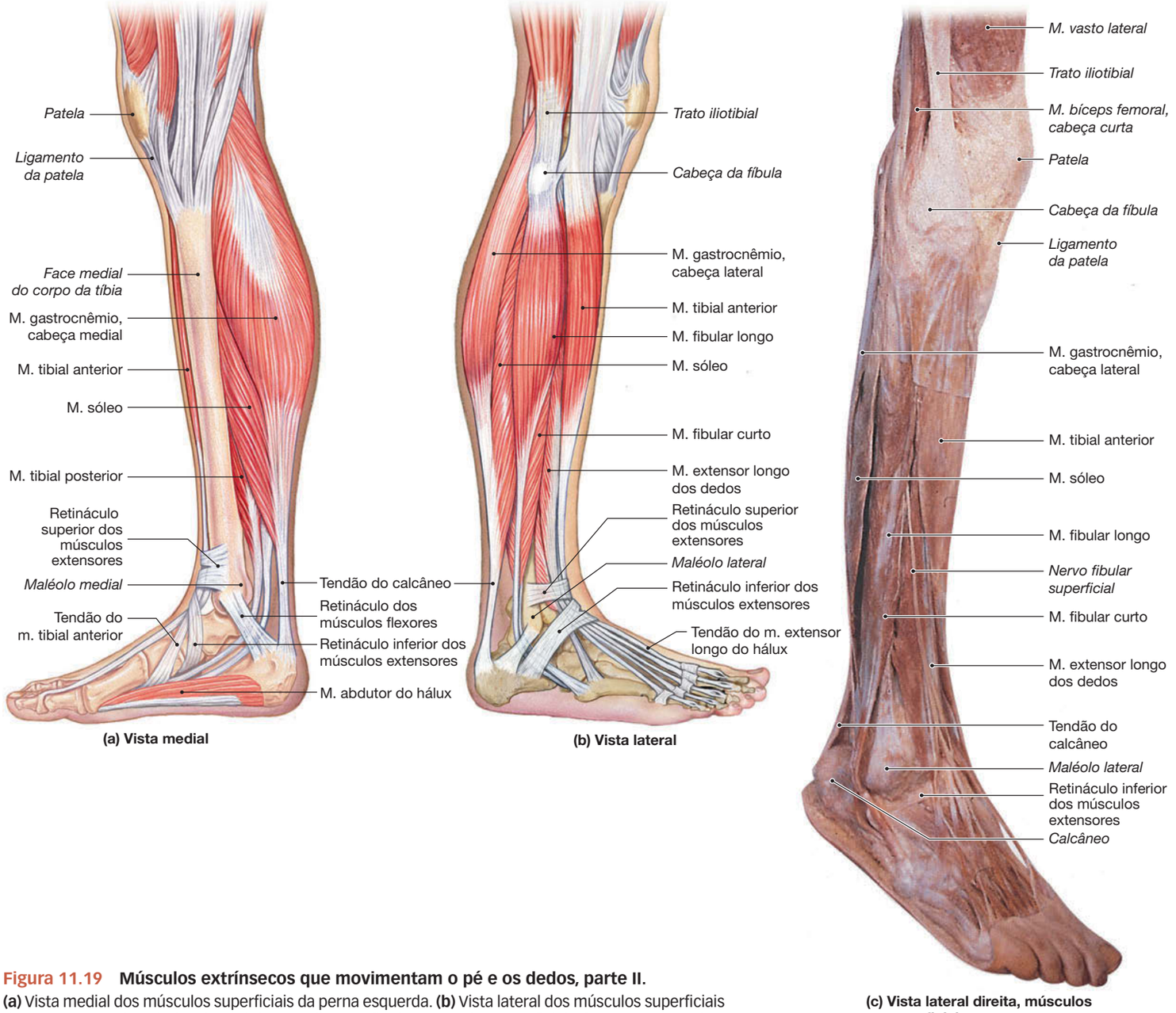


Figura 11.19 **Músculos extrínsecos que movimentam o pé e os dedos, parte II.**
(a) Vista medial dos músculos superficiais da perna esquerda. **(b)** Vista lateral dos músculos superficiais da perna esquerda. **(c)** Vista lateral de uma dissecação dos músculos superficiais da perna esquerda.

são. O **músculo flexor curto dos dedos**, o **músculo quadrado plantar** e os quatro **músculos lumbricais** são responsáveis pela flexão das articulações dos dedos II-V. O **músculo flexor curto do dedo mínimo** é responsável pela flexão do dedo V. A extensão dos dedos é realizada pelo **músculo extensor curto dos dedos**. Esse músculo auxilia o músculo extensor longo do hálux e também auxilia o músculo extensor longo dos dedos (ver Tabela 11.8) na extensão dos dedos II-IV. É o único músculo intrínseco encontrado no dorso do pé.

REVISÃO DOS CONCEITOS

1. Qual movimento da coxa está comprometido pela lesão dos músculos obturadores?
2. Freqüentemente se tem notícia de atletas que sofreram uma distensão dos músculos posteriores da coxa. Descreva os músculos envolvidos nessa lesão.
3. A qual grupo pertencem os músculos pectíneo e grácil?
4. Qual é o nome coletivo dos músculos extensores do joelho?

Veja a seção de Respostas na parte final do livro.

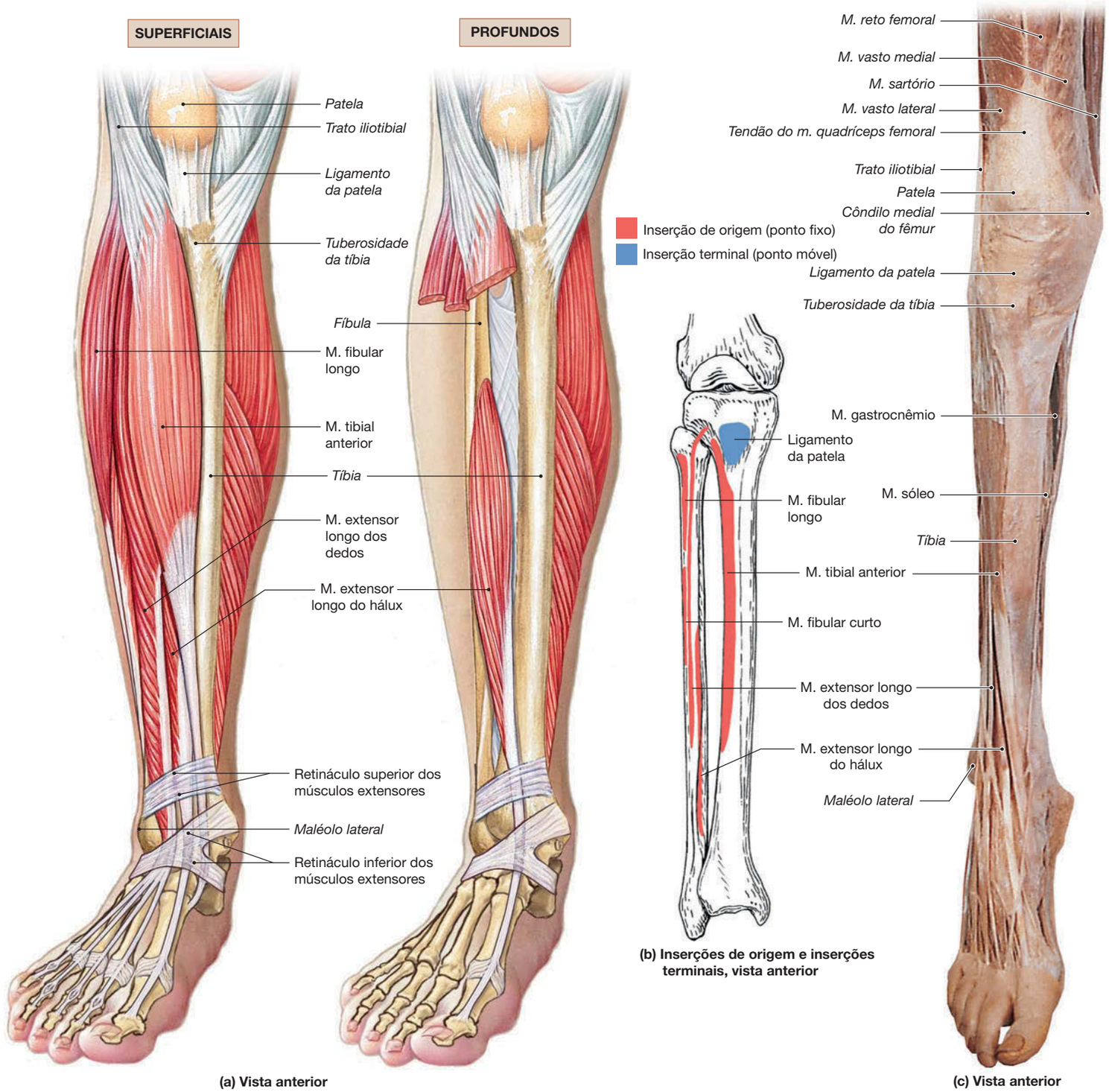


Figura 11.20 Músculos extrínsecos que movimentam o pé e os dedos, parte III.
(a) Vistas anteriores mostrando músculos superficiais e profundos da perna direita. **(b)** Vista anterior dos ossos da perna direita, mostrando inserções de origem e inserções terminais de músculos selecionados. **(c)** Vista anterior de uma dissecação dos músculos superficiais da perna direita.

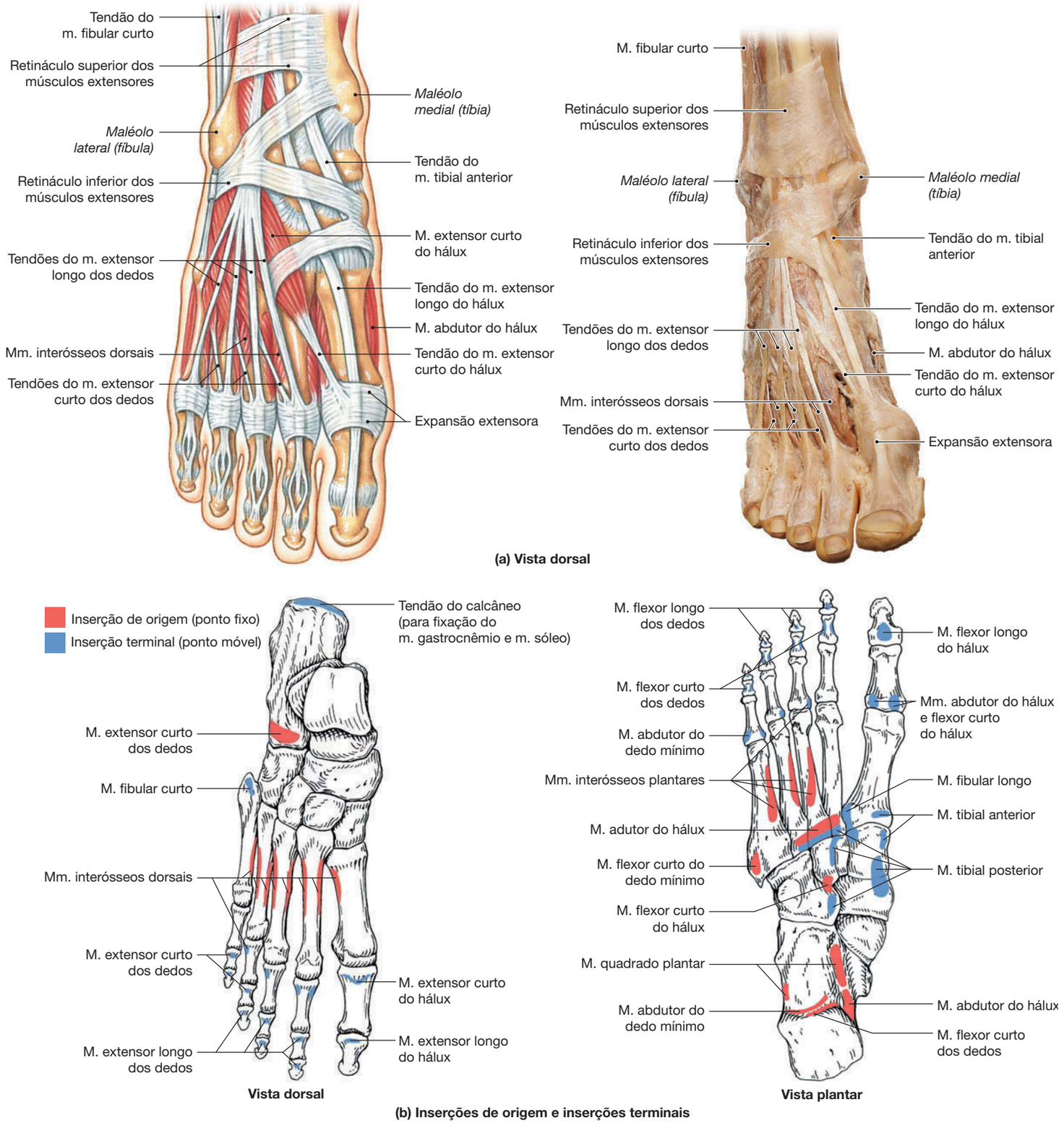
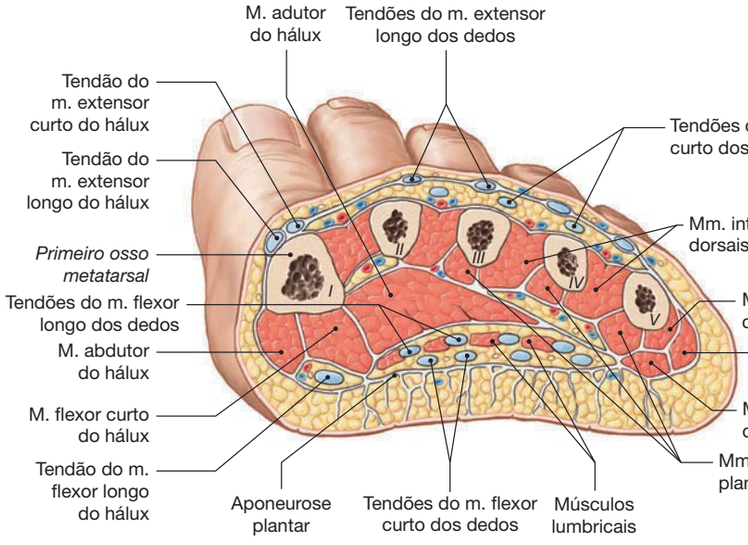
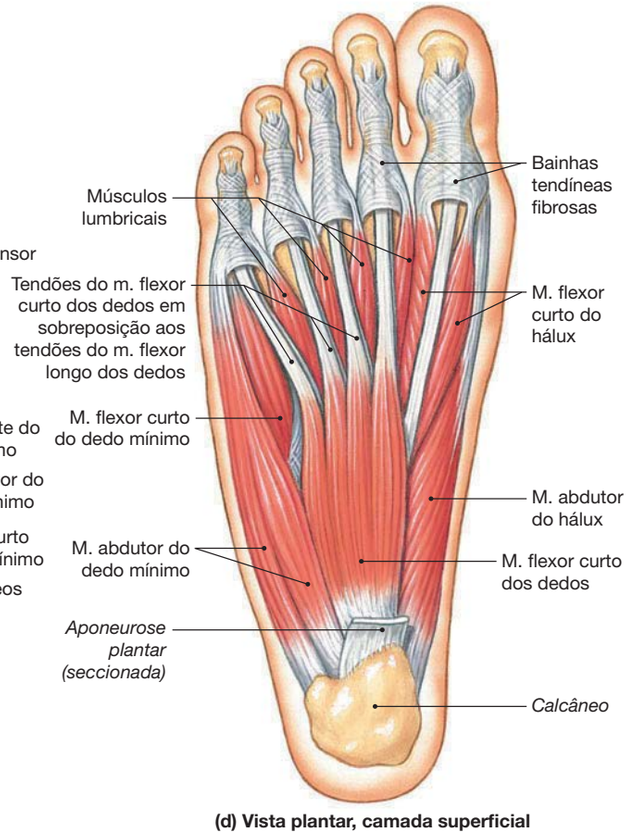


Figura 11.21 Músculos intrínsecos que movimentam o pé e os dedos.

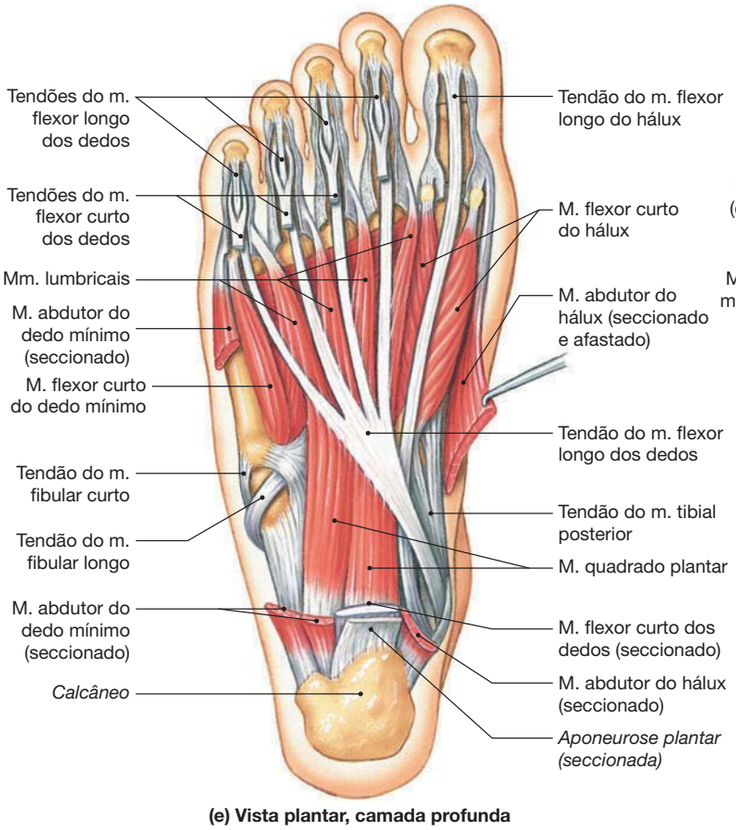
(a) Vistas dorsais do pé direito. **(b)** Vistas dorsal (superior) e plantar (inferior) dos ossos do pé direito, mostrando as inserções de origem e inserções terminais de músculos selecionados. **(c)** Pé direito, secção ao nível dos ossos metatarsais. **(d)** Vista plantar (inferior), camada superficial do pé direito. **(e)** Vista plantar (inferior), camada profunda do pé direito. **(f)** Vista plantar (inferior) da camada mais profunda do pé direito.



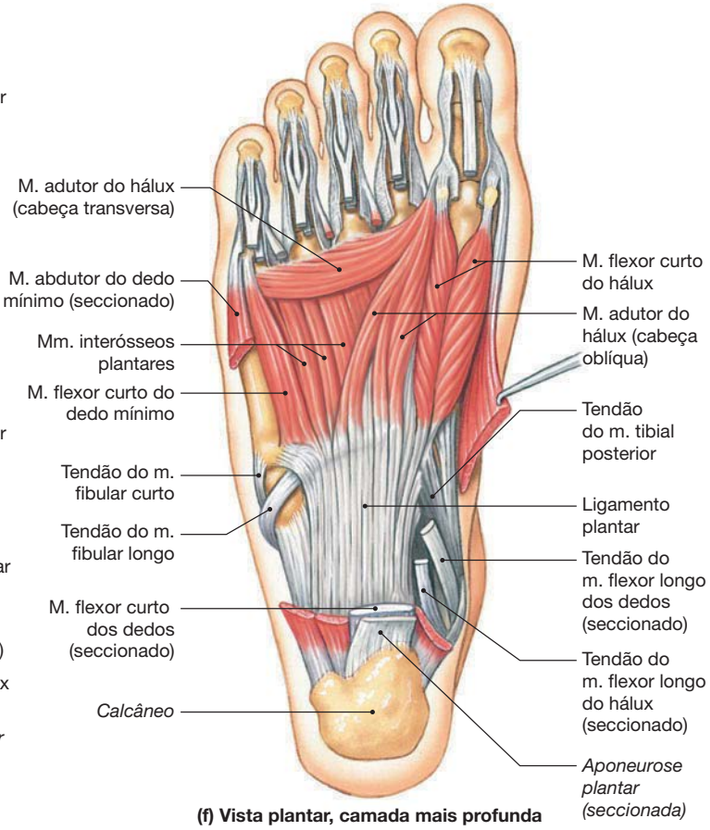
(c) Pé direito, secção ao nível dos ossos metatarsais



(d) Vista plantar, camada superficial



(e) Vista plantar, camada profunda



(f) Vista plantar, camada mais profunda

Figura 11.21 (*continuação*).

TABELA 11.9 Músculos intrínsecos do pé

Músculo	Inserção de origem (ponto fixo)	Inserção terminal (ponto móvel)	Ação	Inervação
Extensor curto dos dedos	Calcâneo (superfícies lateral e superior)	Superfície dorsal dos dedos I-IV	Extensão nas articulações metatarsofalângicas dos dedos I-IV	Nervo fibular profundo (S1, S2)
Abdutor do hálux	Calcâneo (tuberosidade, na superfície inferior)	Superfície medial da falange proximal do hálux	Abdução nas articulações metatarsofalângicas do hálux	Nervo plantar medial (S2, S3)
Flexor curto dos dedos	Idem ao anterior	Superfícies laterais das falanges médias, dedos II-V	Flexão nas articulações interfalângicas dos dedos II-V	Idem ao anterior
Abdutor do dedo mínimo	Idem ao anterior	Superfície lateral da falange proximal, dedo V	Abdução e flexão na articulação metatarsofalângica do dedo V	Nervo plantar lateral (S2, S3)
Quadrado plantar	Calcâneo (superfícies medial e inferior)	Tendão do m. flexor longo dos dedos	Flexão nas articulações dos dedos II-V	Idem ao anterior
Lumbricais (4)	Tendões do m. flexor longo dos dedos	Inserções terminais do m. extensor longo dos dedos	Flexão nas articulações metatarsofalângicas; extensão nas articulações interfalângicas dos dedos II-V	Nervo plantar medial (S1), nervo plantar lateral (S2-S4)
Flexor curto do hálux	Cubóide e cuneiforme lateral	Falange proximal do hálux	Flexão na articulação metatarsofalângica do hálux	Nervo plantar medial (L4-S5)
Adutor do hálux	Bases dos ossos metatarsais II-IV e ligamentos plantares	Idem ao anterior	Adução e flexão na articulação metatarsofalângica do hálux	Nervo plantar lateral (S1-S2)
Flexor curto do dedo mínimo	Base do osso metatarsal V	Superfície lateral da falange proximal do dedo V	Flexão na articulação metatarsofalângica do dedo V	Idem ao anterior
Interósseos dorsais (4)	Superfícies laterais dos ossos metatarsais	Superfícies medial e lateral do dedo II, superfície lateral dos dedos III e IV	Abdução nas articulações metatarsofalângicas dos dedos III e IV; flexão nas articulações metatarsofalângicas e extensão nas articulações interfalângicas dos dedos II a IV	Idem ao anterior
Interósseos plantares (3)	Bases e superfícies mediais dos ossos metatarsais	Superfícies mediais dos dedos III-V	Adução nas articulações metatarsofalângicas dos dedos III-V; flexão nas articulações metatarsofalângicas e extensão nas articulações interfalângicas	Idem ao anterior

Fáscias, camadas e compartimentos musculares

O Capítulo 3 apresentou os vários tipos de fáscias do corpo e a maneira pela qual estas densas camadas de tecido conectivo fornecem uma estrutura de sustentação para os tecidos moles do corpo. pág. 74 Existem três tipos básicos de fáscia: (a) a *fáscia superficial*, uma camada de tecido areolar profunda à pele; (2) a *fáscia profunda*, uma camada fibrosa densa, ligada a cápsulas, periósteos, epimísios e outras bainhas fibrosas que envolvem órgãos internos; e (3) a *fáscia subserosa*, uma camada de tecido areolar separando uma membrana serosa de estruturas adjacentes.

As fibras de tecido conectivo da fáscia profunda sustentam e interconectam os músculos esqueléticos adjacentes, mas permitem movimentos independentes. Em geral, quanto mais próximas forem as orientações, ações e amplitude de movimentos de dois músculos, maior sua interconexão pela fáscia profunda. Isso pode tornar muito difícil a sua separação em uma dissecação anatômica. Por outro lado, se suas orientações e ações forem diferentes, eles estarão interconectados menos intimamente e será mais fácil separá-los em uma dissecação.

Nos membros, contudo, a situação é complicada pelo fato de que os músculos estão agrupados firmemente ao redor dos ossos e as interconexões entre a fáscia superficial, a fáscia profunda e o periósteo são bastante fortes. A fáscia profunda se estende entre os ossos e a fáscia superficial, separando os tecidos moles do membro em **compartimentos** individuais.

Compartimentos do membro superior

[Figuras 11.22/11.23 e Tabela 11.10]

A fáscia profunda do braço cria um **compartimento anterior**, *ou compartimento flexor*, e um **compartimento posterior**, ou *compartimento extensor* (Figuras 11.22 e 11.23). Os músculos bíceps braquial, coracobraquial e braquial estão localizados no compartimento anterior; o músculo tríceps braquial preenche o compartimento posterior. Os principais vasos sangüíneos, linfáticos e nervos dos dois compartimentos possuem o seu trajeto ao longo dos limites entre eles.

A separação entre os compartimentos anterior e posterior se torna mais pronunciada onde a fáscia profunda forma lâminas fibrosas espessas, os **septos intermusculares lateral** e **medial** (Figura 11.23a,b). O septo intermuscular lateral se estende ao longo da superfície lateral da diáfise umeral a partir do epicôndilo lateral até a **tuberosidade para o músculo deltóide**. O septo intermuscular medial é um pouco mais curto, estendendo-se ao longo da superfície medial da diáfise do úmero, do epicôndilo medial até a inserção do músculo coracobraquial (Figura 11.23e).

A fáscia profunda e a membrana interóssea do antebraço dividem o antebraço em três compartimentos: **superficial, profundo e extensor** (Figuras 11.22 e 11.23c,d,e). Subdivisões menores da fáscia dividem esses compartimentos e separam grupos musculares com funções diferentes. Os componentes dos compartimentos do membro superior estão indicados na Tabela 11.10.

Compartimentos do membro inferior [Figura 11.24 e Tabela 11.11]

A coxa contém os **septos intermusculares medial** e **lateral** que se distanciam a partir do fêmur, bem como algumas subdivisões menores, também formadas por fáscias, que separam grupos musculares adjacentes. De uma forma geral, a coxa pode ser dividida em **compartimentos anterior, medial e posterior** (Figura 11.4a,b). O compartimento anterior contém o grupo formado pelos músculos tensor da fáscia lata, sartório e quadríceps. O compartimento posterior contém o músculo bíceps femoral, o

Nota clínica

Síndrome compartimental Vasos sangüíneos e nervos, dirigindo-se a músculos específicos no interior do membro, penetram e se ramificam no interior dos compartimentos musculares apropriados (Figuras 11.22 e 11.23). Quando ocorre uma lesão de esmagamento, uma contusão severa ou uma distensão, os vasos sangüíneos do interior de um ou mais compartimentos podem ser lesados, tornando-se edemaciados com tecidos, fluidos e sangue extravasados dos vasos danificados. Como as partições de tecido conectivo são muito resistentes, o líquido acumulado tem vazão e a pressão aumenta no interior do compartimento acometido. Por fim, a pressão no interior do compartimento eleva-se de tal modo a comprimir os vasos sangüíneos da região e obstruir o suprimento circulatório para os músculos e nervos envolvidos. Esta compressão produz uma condição isquêmica conhecida como **síndrome compartimental**. Incisões longitudinais ao longo do eixo do compartimento lesado ou até a implantação de um dreno são medidas de emergência para se conseguir a diminuição da pressão interna. Se essas medidas não forem tomadas a tempo, o conteúdo do compartimento sofrerá lesão grave. Os nervos do compartimento afetado são destruídos após 2 a 4 horas de isquemia, embora eles possam apresentar algum grau de regeneração caso a circulação seja restabelecida. Após 6 horas ou mais, o tecido muscular também será destruído e não haverá regeneração. Os músculos serão substituídos por tecido cicatricial, e o encurtamento das fibras de tecido conectivo pode resultar em *contratura*, uma redução permanente no comprimento do músculo.

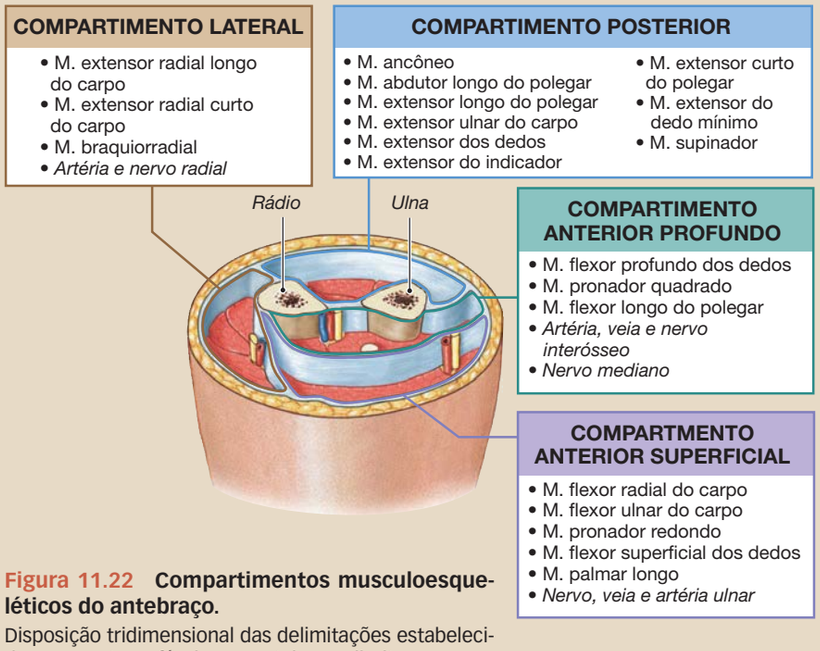


Figura 11.22 Compartimentos musculoesqueléticos do antebraço.
Disposição tridimensional das delimitações estabelecidas por septos e fáscias no antebraço direito.

TABELA 11.10 Compartimentos do membro superior

Compartimento	Músculos	Vasos sangüíneos[1,2]	Nervos[3]
BRAÇO			
Compartimento anterior	Bíceps braquial	Artéria braquial	Nervo mediano
	Braquial	Artéria colateral ulnar inferior	Nervo musculocutâneo
	Coracobraquial	Artéria colateral ulnar superior Veias braquiais	Nervo ulnar
Compartimento posterior	Tríceps braquial	Artéria braquial profunda	Nervo radial
ANTEBRAÇO			
Compartimento anterior	Flexor radial do carpo	Artéria radial	Nervo mediano
Superficial	Flexor ulnar do carpo	Artéria ulnar	Nervo ulnar
	Flexor superficial dos dedos		
	Palmar longo		
	Pronador redondo		
	Flexor profundo dos dedos	Artéria interóssea anterior	Nervo interósseo anterior
Profundo	Flexor longo do polegar	Artéria recorrente ulnar, ramo anterior	Nervo ulnar
	Pronador quadrado	Artéria recorrente ulnar, ramo posterior	Nervo mediano
Compartimento lateral[4]	Braquiorradial	Artéria radial	Nervo radial
	Extensor radial curto do carpo		
	Extensor radial longo do carpo		
Compartimento posterior	Abdutor longo do polegar	Artéria interóssea posterior	Nervo interósseo posterior
	Ancôneo		
	Extensor ulnar do carpo	Artéria recorrente ulnar, ramo posterior	
	Extensor dos dedos		
	Extensor do dedo mínimo		
	Extensor do indicador		
	Extensor curto do polegar		
	Extensor longo do polegar		
	Supinador		

[1] Vasos cutâneos não estão listados. [2] Apenas vasos de grande diâmetro estão listados. [3] Nervos cutâneos não estão listados. [4] Contém o que algumas vezes é chamado de grupo de músculos radial ou ântero-lateral.

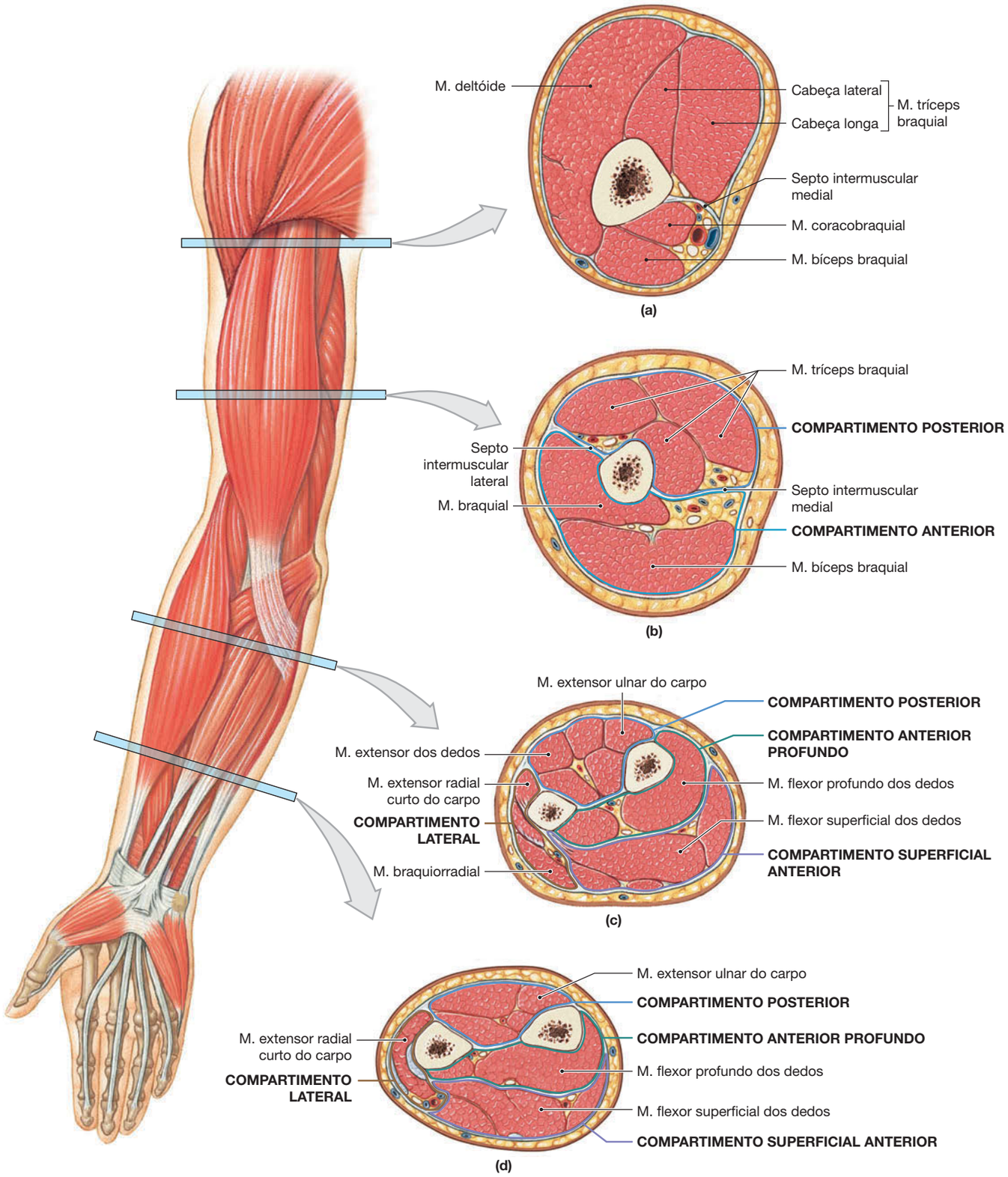
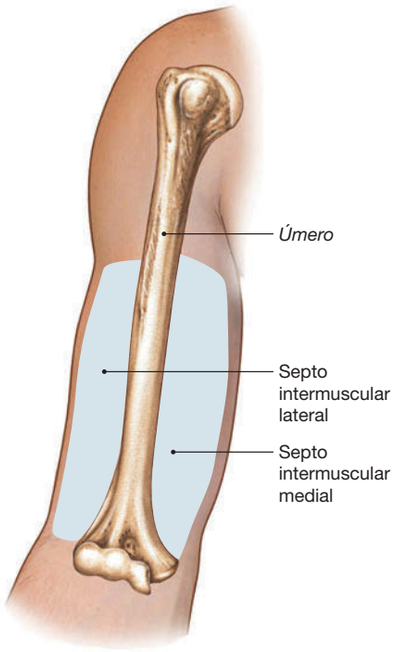


Figura 11.23 **Compartimentos musculoesqueléticos do membro superior.**
(a), **(b)** Secções transversais nas regiões proximal e distal do braço direito, mostrando músculos selecionados. **(c)**, **(d)** Secções transversais nas regiões proximal e distal do antebraço, mostrando músculos selecionados. **(e)** Vista anterior do úmero mostrando as localizações dos septos intermusculares lateral e medial.

Figura 11.23 ***(continuação)***.



(e)

semimembranáceo e o semitendíneo; o compartimento medial contém os músculos grácil, pectíneo, obturador externo, adutor longo, adutor curto e adutor magno (Tabela 11.11).

A tíbia e a fíbula, a membrana interóssea da perna e os septos na perna criam quatro grandes compartimentos: um **compartimento anterior**, um **compartimento lateral**, e os **compartimentos posteriores**, **superficial** e **profundo** (Figura 11.24c,d). O compartimento anterior contém músculos que produzem dorsiflexão no tornozelo, extensão dos dedos, e inversão/eversão no tornozelo. Os músculos do compartimento lateral produzem eversão e flexão plantar no tornozelo. Os músculos superficiais do compartimento posterior produzem flexão no tornozelo, enquanto os músculos do compartimento posterior profundo produzem flexão no tornozelo, além de suas ações específicas nas articulações do pé e dos dedos. Os músculos e outras estruturas desses compartimentos estão indicados na Tabela 11.11.

TABELA 11.11 Compartimentos do membro inferior

Compartimento	Músculos	Vasos sangüíneos	Nervos
COXA			
Compartimento anterior	Iliopsoas	Artéria femoral	Nervo femoral
	Ilíaco	Veia femoral	Nervo safeno
	Psoas maior	Artéria femoral profunda	
	Psoas menor	Artéria circunflexa femoral lateral	
	Quadríceps femoral		
	Reto femoral		
	Vasto intermédio		
	Vasto lateral		
	Vasto medial		
	Sartório		
Compartimento medial	Pectíneo		
	Adutor curto	Artéria obturatória	Nervo obturatório
	Adutor longo	Veia obturatória	
	Adutor magno	Artéria femoral profunda	
	Grácil	Veia femoral profunda	
	Obturador externo		
Compartimento posterior	Bíceps femoral	Artéria femoral profunda	Nervo isquiático
	Semimembranáceo	Veia femoral profunda	
	Semitendíneo		
PERNA			
Compartimento anterior	Extensor longo dos dedos	Artéria tibial anterior	Nervo fibular profundo
	Extensor longo do hálux	Veia tibial anterior	
	Fibular terceiro		
	Tibial anterior		
Compartimento lateral	Fibular curto		Nervo fibular superficial
	Fibular longo		
Compartimento posterior			
Superficial	Gastrocnêmio		
	Plantar		
	Sóleo		
	Flexor longo dos dedos	Artéria tibial posterior	Nervo tibial
	Flexor longo do hálux	Artéria fibular	
Profundo	Poplíteo	Veia fibular	
	Tibial posterior	Veia tibial posterior	

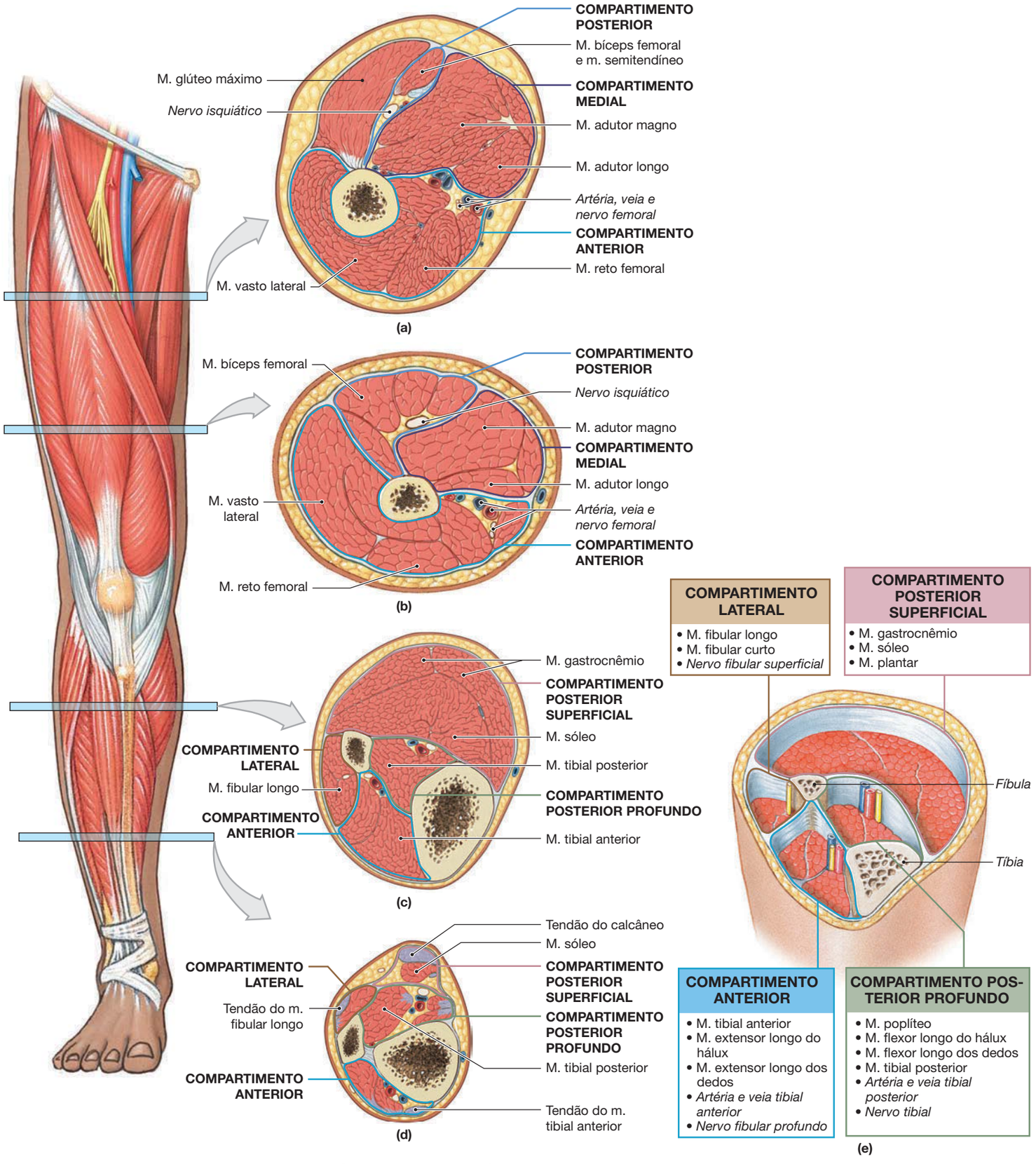


Figura 11.24 **Compartimentos musculoesqueléticos do membro inferior.**

(a), **(b)** Secções transversais nas regiões proximal e distal da coxa direita, mostrando músculos selecionados. **(c)**, **(d)** Secções transversais nas regiões proximal e distal da perna direita, mostrando músculos selecionados. **(e)** Vista anterior da perna mostrando as localizações dos septos intermusculares e os quatro compartimentos musculoesqueléticos da perna.

Caso clínico — O SISTEMA MUSCULAR

QUADRIL DO IDOSO

Ao visitar sua avó de 75 anos de idade em seu apartamento para verificar suas medicações semanais, você a encontrou deitada de costas com dores intensas. Ela está confusa, não o reconhece e não é capaz de lhe explicar como a situação aconteceu.

Você tenta ajudá-la a se levantar, mas ela imediatamente reclama de dores intensas na região inguinal. Você então chama o resgate e chega a ambulância. Quando os paramédicos fazem o atendimento inicial e a transferem para a maca, notam que o membro inferior direito está rodado lateralmente e visivelmente encurtado em relação ao membro inferior esquerdo. O médico-residente que a atende providencia a assistência inicial para admissão na sala de emergência.

Exames iniciais e resultados laboratoriais

O residente faz a avaliação inicial e nota o seguinte:

- O membro inferior direito está visivelmente mais curto que o esquerdo.
- A coxa direita está rodada lateralmente e a paciente não é capaz de modificar a posição da perna sem dor considerável.
- À palpação, a região inguinal está sensível, mas não há edema evidente.
- A movimentação passiva do quadril causa dor intensa, especialmente com as rotações lateral e medial.
- A contagem dos glóbulos brancos (GB) é de 20.000/mm^3.
- A hemoglobina (Hgb) é 9,8 g/dL.
- Embora confusa, a paciente afirma repetidamente que esteve caída no chão de seu apartamento durante longo tempo antes de ser encontrada.

O residente está preocupado com o fato de que a demora entre o tempo da lesão e o transporte ao hospital possa ter causado complicações. Como resultado, ele não está seguro a respeito de que tratamento deverá ser indicado. Ele administra um analgésico para garantir maior conforto à paciente e a encaminha para avaliação por um cirurgião ortopedista.

O cirurgião chega e solicita imediatamente reposição endovenosa (EV) de líquidos para aliviar a desidratação causada pelo tempo decorrido entre a lesão e o atendimento. Quando os líquidos e eletrólitos se reequilibram no corpo, a paciente informa ao médico que ela tropeçou em um tapete no seu apartamento dois dias antes de ser encontrada, e que ela não conseguiu se arrastar para alcançar o telefone e pedir ajuda.

Além disso, o ortopedista confirma os fatos anotados da avaliação física realizada pelo médico-residente e imediatamente solicita radiografias ântero-posterior e lateral da região do quadril.

Exames posteriores

Em exame posterior, o ortopedista anotou o seguinte:

- A paciente parece apresentar-se em um estado nutricional deficiente.
- No início, pareceu mentalmente confusa, mas a reposição EV de líquidos e eletrólitos produziu melhora significativa do quadro.
- O membro inferior direito apresenta-se em rotação lateral e a paciente é incapaz de levantar seu calcanhar direito da maca.
- O membro inferior direito apresenta-se encurtado, conforme confirmado pela medida da distância entre a espinha ilíaca ântero-superior e o ápice do maléolo medial da tíbia e pela comparação com os resultados da mesma medida tomada no membro inferior esquerdo (após rotação passiva realizada pelo cirurgião).
- O trocanter maior do lado direito também parece estar mais alto e mais proeminente em relação ao do lado esquerdo.
- A palpação revela aumento da sensibilidade no trígono femoral sobre a superfície anterior da articulação do quadril.

Pontos a considerar

Para que você examine as informações apresentadas anteriormente, revise o conteúdo dos Capítulos 5 a 11 e determine quais informações anatômicas o capacitarão a selecionar os dados e as particularidades deste caso:

1. Quais são as características anatômicas dos ossos do membro inferior?
2. Quais são os pontos de referência anatômica mencionados neste caso? Onde você encontra essas referências anatômicas nos ossos do quadril, fêmur e tíbia?
3. Quais são as características anatômicas da articulação do quadril?
4. O membro inferior da paciente está rodado lateralmente e ela não consegue levantar seu calcanhar direito da maca. Esta condição envolveria principalmente músculos axiais ou apendiculares? Quais músculos específicos estão envolvidos na rotação lateral do quadril? Quais músculos estão envolvidos na flexão do quadril?

Análise e interpretação

1. As características anatômicas dos ossos do membro inferior podem ser encontradas no Capítulo 7. pág. 193-198
2. As seguintes referências anatômicas são mencionadas neste problema:
   - região inguinal
   - espinha ilíaca ântero-superior
   - ápice do maléolo medial da tíbia
   - trocanter maior do fêmur

   Essas referências anatômicas podem ser encontradas no Capítulo 7. pág. 188-197
3. As características anatômicas da articulação do quadril podem ser encontradas no Capítulo 8. pág. 221, 225
4. Os músculos envolvidos no posicionamento do membro inferior seriam todos músculos apendiculares. Os músculos envolvidos na rotação lateral do quadril e na flexão do quadril podem ser encontrados na Tabela 11.6, pág. 304.

TERMOS DO CASO CLÍNICO

Reposição EV de líquidos e eletrólitos: A administração de um líquido isotônico para eliminar a desidratação e restabelecer os níveis plasmáticos fisiológicos de sódio, cálcio e potássio.

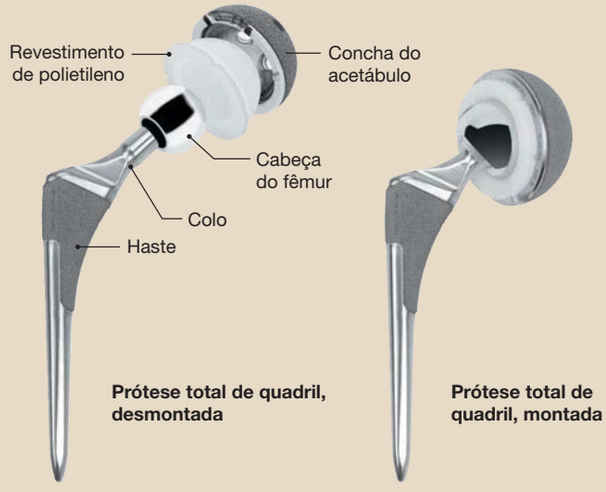
Caso clínico (*continuação*) — O SISTEMA MUSCULAR

Diagnóstico

Sua avó tem 75 anos e está passando por várias alterações anatômicas como resultado do processo de envelhecimento. pág. 125-126 Sua avó tem uma fratura subcapital e luxação do fêmur. O ângulo entre a cabeça e o colo do fêmur está diminuído, e o colo e a diáfise apresentam-se em rotação lateral. Há uma grande probabilidade de os ossos da pelve e o fêmur apresentarem acentuada osteoporose. pág. 128 Este quadro aumenta o risco de fraturas em indivíduos idosos e também aumenta o tempo necessário para a consolidação da fratura. págs. 124-126

A posição do membro inferior se deve ao encurtamento dos músculos rotadores laterais (músculos piriforme, gêmeos superior e inferior e obturador externo). págs. 302-305 Seu membro inferior direito está encurtado em relação ao esquerdo em função (a) da fratura do quadril e (b) da contração dos músculos flexores e extensores do quadril (Tabela 11.6, pág. 304). O tratamento do quadril provavelmente envolverá um procedimento cirúrgico. Ainda que vários procedimentos possam ser utilizados, a remoção da cabeça do fêmur págs. 193-197 e substituição por uma prótese é um procedimento comum. A prótese escolhida substituirá a cabeça do fêmur; possui uma longa haste que é inserida no interior da cavidade medular do osso até quase metade do corpo do fêmur, a fim de ancorar a cabeça da prótese em posição (**Figura 11.25**). A haste da prótese apresenta orifícios, através dos quais pequenos pedaços de osso esponjoso são introduzidos para servir de enxerto ósseo. págs. 113-117 Outro procedimento comumente adotado é a cimentação da prótese no local, o que seria mais apropriado para esta paciente, considerando sua idade avançada e seu nível reduzido de atividade física. ■

(a)



(b)

Figura 11.25 Raio X pós-cirúrgico de quadril.
(a) Raio X de indivíduo com prótese implantada cirurgicamente. **(b)** Diagrama de uma prótese de quadril.

TERMOS CLÍNICOS

Bursite: Inflamação da bolsa sinovial ao redor de uma ou mais articulações.

Câibras musculares: Contrações musculares involuntárias, prolongadas e dolorosas.

Distensões: Lacerações ou rupturas em músculos.

Entorses: Lacerações ou rupturas em ligamentos ou tendões.

Fratura subcapital e luxação: Uma lesão que envolve fratura abaixo da cabeça do osso e deslocamento simultâneo do osso fraturado de sua articulação.

Fraturas de esforço: Fissuras ou fraturas nos ossos sujeitos a esforços ou traumas repetidos.

Hematoma ósseo: Sangramento no interior do periósteo de um osso.

Isquemia: Interrupção do suprimento de sangue resultante da compressão dos vasos sangüíneos regionais.

Manguito rotador: Os músculos que circundam a articulação do ombro; um local freqüente de lesões do esporte.

Síndrome compartimental: Isquemia resultante do acúmulo de sangue e líquidos retidos dentro de um compartimento muscular.

Síndrome do túnel do carpo: Inflamação no interior da bainha que circunda os tendões flexores da palma da mão.

Tendinite: Inflamação do tecido conectivo envolvendo um tendão.

RESUMO PARA ESTUDO

Introdução 285

1. A **musculatura apendicular** é responsável pela estabilidade dos cíngulos dos membros superior e inferior e pelos movimentos dos membros superiores e inferiores.

Fatores que afetam a função da musculatura apendicular 285

1. Um músculo do esqueleto apendicular pode cruzar uma ou mais articulações entre sua inserção de origem e sua inserção terminal. A posição do músculo ao cruzar uma articulação auxiliará na determinação da ação desse músculo. *(ver Figura 11.1)*
2. Muitas ações complexas envolvem mais do que uma articulação do esqueleto apendicular. Músculos que cruzam apenas uma articulação atuam tipicamente na sua movimentação primária, enquanto músculos que cruzam mais do que uma articulação geralmente agem como sinergistas.

Músculos do cíngulo do membro superior e membros superiores 285

1. Quatro grupos musculares estão associados com o cíngulo do membro superior e os membros superiores: (1) *músculos que posicionam o cíngulo do membro superior, (2) músculos que movimentam o braço, (3) músculos que movimentam o antebraço e a mão* e *(4) músculos que movimentam a mão e os dedos.*

Músculos que posicionam o cíngulo do membro superior 286

2. O **músculo trapézio** recobre o dorso e partes do pescoço, até a base do crânio. O músculo trapézio altera a posição do cíngulo do membro superior, da cabeça e do pescoço (*ver Figuras 11.2 a 11.5 e Tabela 11.1*)
3. Profundamente ao trapézio, os **músculos rombóides** produzem a adução da escápula, enquanto o **músculo levantador da escápula** eleva a escápula. Ambos inserem-se na escápula. *(ver Figuras 11.2 a 11.5 e Tabela 11.1)*
4. O **músculo serrátil anterior**, que produz abdução da escápula e anteriorização do ombro, origina-se ao longo das superfícies ântero-superiores de várias costelas. *(ver Figuras 11.2 a 11.5 e Tabela 11.1)*
5. Dois músculos profundos do tórax originam-se ao longo das superfícies ventrais das costelas. O **músculo subclávio** e o **músculo peitoral** menor abaixam e protruem o ombro. (*ver Figuras 11.4/11.5 e Tabela 11.1*)

Músculo que movimentam o braço 288

6. A linha de ação de um músculo pode ser utilizada para deduzir a ação desse músculo. A *Figura 11.7* mostra a posição dos músculos bíceps braquial, tríceps braquial e deltóide em relação à articulação do ombro; esta figura também resume as regras utilizadas para deduzir a ação de um músculo.
7. Músculos que movimentam o braço são mais facilmente memorizáveis se agrupados por suas ações primárias.
8. O **músculo deltóide** e o **músculo supra-espinal** produzem abdução no ombro. O **músculo subescapular** e o **músculo redondo maior** produzem rotação medial do braço, enquanto o **músculo infra-espinal** e o **músculo redondo menor** produzem rotação lateral do braço. Os músculos supra-espinal, infra-espinal, subescapular e redondo menor são conhecidos como músculos do **manguito rotador**. O **músculo coracobraquial** produz flexão e adução no ombro. *(ver Figuras 11.2/11.5/11.6 e Tabela 11.2)*
9. O **músculo peitoral maior** flete o ombro, enquanto o **músculo latíssimo do dorso** produz a sua extensão. Além disso, ambos aduzem e rodam medialmente o braço. *(ver Figuras 11.2/11.5/11.6 e Tabela 11.2)*

Músculos que movimentam o antebraço e a mão 290

10. As ações primárias do **músculo bíceps braquial** e do **músculo tríceps braquial** *(cabeça longa)* afetam a articulação do cotovelo. O bíceps braquial produz flexão do cotovelo e supinação do antebraço, enquanto o tríceps braquial produz extensão do cotovelo. Além disso, ambos apresentam efeito secundário nos músculos do cíngulo do membro superior.
11. O **músculo braquial** e o **músculo braquiorradial** fletem o cotovelo. Esta ação é oposta pelo **músculo ancôneo** e pelo **músculo tríceps braquial**. O **músculo flexor ulnar do carpo**, o **músculo flexor radial do carpo** e o **músculo palmar longo** são músculos superficiais do antebraço e contribuem para a flexão do punho. Além disso, o **músculo flexor ulnar do carpo** produz a adução do punho, enquanto o **músculo flexor radial do carpo** produz sua abdução. A extensão do punho é realizada pelo **músculo extensor radial do carpo**, que também abduz o punho, e pelo músculo **extensor ulnar do carpo**, que também aduz o punho. O **músculo pronador redondo** e o **músculo pronador quadrado** produzem a pronação do antebraço sem a flexão ou extensão no cotovelo; suas ações são opostas pelo **músculo supinador**. *(ver Figuras 11.5/11.6/11.8/11.9 e Tabela 11.3)*

Músculos que movimentam a mão e os dedos 294

12. Músculos extrínsecos da mão conferem força e controle dos movimentos amplos dos dedos. Os músculos intrínsecos conferem controle dos movimentos finos dos dedos e das mãos.
13. Os músculos que produzem a flexão e extensão das articulações dos dedos estão ilustrados nas *Figuras 11.8 a 11.11* e detalhados nas *Tabelas 11.4/11.5.*

Músculos do cíngulo do membro inferior e membros inferiores 302

1. Como na análise dos músculos do ombro, as relações entre as linhas de ação e o eixo da articulação do quadril podem ser utilizadas para se deduzir as ações de vários músculos e grupos musculares. *(ver Figura 11.14)*
2. Três grupos musculares estão associados com a pelve e os membros inferiores: (1) *músculos que movimentam a coxa,* (2) *músculos que movimentam a perna* e (3) *músculos que movimentam o pé e os dedos.*

Músculos que movimentam a coxa 302

3. Músculos que têm inserção de origem na superfície da pelve e inserção terminal no fêmur produzem movimentos característicos determinados pela suas posições em relação ao acetábulo. *(ver Figura 11.13 e Tabela 11.6)*
4. Os **músculos glúteos** recobrem a superfície lateral do ílio. O maior deles é o **músculo glúteo máximo**, que produz extensão e rotação lateral no quadril. Esse músculo compartilha sua inserção com o **músculo tensor da fáscia lata**, que produz flexão, abdução e rotação medial no quadril. Em atuação conjunta, estes músculos tracionam o **trato iliotibial**, oferecendo uma cinta lateral de sustentação para o joelho. *(ver Figuras 11.2/11.5/11.13 a 11.17 e Tabela 11.6)*
5. O **músculo piriforme** e os **músculos obturadores** são os mais importantes rotadores laterais.
6. O **grupo adutor** (**os músculos adutor magno**, **adutor curto**, **adutor longo**, **pectíneo** e **grácil**) produz adução no quadril. Individualmente, eles podem produzir vários outros movimentos, como rotação medial ou lateral e flexão ou extensão no quadril. *(ver Figuras 11.13 a 11.17 e Tabela 11.6)*
7. O músculo psoas maior e o músculo ilíaco mesclam-se para formar o músculo iliopsoas, um poderoso flexor do quadril. *(ver Figuras 11.13/11.14 e Tabela 11.6)*

Músculos que movimentam a perna 307

8. Os *músculos extensores do joelho* são encontrados ao longo das superfícies anterior e lateral da coxa; os músculos flexores localizam-se ao longo das superfícies medial e posterior da coxa. Flexores e adutores têm inserção de origem no cíngulo do membro inferior, enquanto a maioria dos extensores tem inserção de origem na superfície do fêmur.
9. Coletivamente, os *extensores do joelho* são conhecidos como **m. quadríceps femoral**. Este grupo inclui os músculos **vasto intermédio**, **vasto lateral**, **vasto medial** e **reto femoral**. *(ver Figuras 11.15/11.6 e Tabela 11.6)*
10. Os *flexores do joelho* incluem os músculos **bíceps femoral**, **semimembranáceo**, **semitendíneo** (em conjunto também produzem a extensão do quadril e são denominados "músculos do compartimento posterior

da coxa"), além do **músculo sartório.** O **músculo poplíteo** roda medialmente a tíbia (ou roda lateralmente o fêmur) para destravar a articulação do joelho. *(ver Figuras 11.16/11.7 e Tabela 11.7)*

Músculos que movimentam o pé e os dedos 309

11. Os músculos intrínsecos e extrínsecos que movimentam o pé e os dedos estão ilustrados nas *Figuras 11.18 a 11.21* e listados nas *Tabelas 11.8 e 11.9*.
12. O **músculo gastrocnêmio** e o **músculo sóleo** produzem flexão plantar. O grande **músculo tibial anterior** se opõe ao músculo gastrocnêmio e produz dorsiflexão no tornozelo. Os **músculos fibulares** realizam eversão do pé, bem como flexão plantar. *(ver Figuras 11.19/11.20 e Tabela 11.8)*
13. Os músculos menores da perna posicionam ossos do pé e movimentam os dedos. O controle preciso das falanges é realizado pelos músculos que se originam nos ossos tarsais e metatarsais. *(ver Figura 11.21 e Tabela 11.9)*

Fáscias, camadas e compartimentos musculares 318

1. Além da abordagem funcional, utilizada neste capítulo, muitos anatomistas também estudam os músculos dos membros superiores e inferiores em grupos determinados pelas suas posições dentro de **compartimentos**.

Compartimentos do membro superior 318

2. O braço apresenta um **compartimento medial** e um **compartimento lateral**; o antebraço apresenta **compartimentos anterior**, **posterior** e **lateral**. *(ver Figuras 11.22/11.23 e Tabela 11.10)*

Compartimentos do membro inferior 318

3. A coxa apresenta **compartimentos anterior**, **medial** e **posterior**; a perna apresenta **compartimentos anterior**, **posterior** e **lateral**. *(ver Figura 11.24 e Tabela 11.11)*

REVISÃO DO CAPÍTULO

Para respostas às questões da Revisão dos Conceitos e Revisão do Capítulo, veja a seção de Respostas na parte final do livro.

Nível 1 – Revisão de fatos e termos

Associe cada item numerado com a letra do item que melhor se relaciona. Utilize letras para as respostas nos espaços apropriados.

Coluna A	Coluna B
__ 1. músculos rombóides	a. abdução do dedos
__ 2. latíssimo do dorso	b. flexão do quadril e/ou região lombar da coluna
__ 3. infra-espinal	c. adução (retração) da escápula
__ 4. braquial	d. faixas de tecido conectivo
__ 5. supinador	e. flexão plantar no tornozelo
__ 6. retináculo dos músculos flexores	f. origem – superfície do ílio
__ 7. músculos glúteos	g. flexão do cotovelo
__ 8. ilíaco	h. dorsiflexão e inversão do pé
__ 9. gastrocnêmio	i. rotação lateral do úmero no ombro
__10. tibial anterior	j. supinação do antebraço
__11. interósseos	k. extensão, adução, rotação medial do úmero

12. Os poderosos extensores do joelho são os:
(a) músculos do compartimento posterior (b) quadríceps femoral
(c) iliopsoas (d) tensor da fáscia lata

13. Qual dos seguintes músculos não faz parte do "manguito rotador"?
(a) supinador (b) subclávio
(c) subescapular (d) redondo menor

14. Qual dos seguintes músculos não tem inserção de origem no úmero?
(a) ancôneo (b) bíceps braquial
(c) braquial (d) tríceps braquial, cabeça lateral

15. Qual dos seguintes músculos é flexor do cotovelo?
(a) bíceps braquial (b) braquial
(c) braquiorradial (d) todos os anteriores

16. O músculo que realiza a oposição do polegar é o:
(a) adutor do polegar (b) extensor dos dedos
(c) abdutor do polegar (d) oponente do polegar

Nível 2 – Revisão de conceitos

1. Uma lesão do músculo peitoral maior interfere na capacidade de:
(a) extensão do cotovelo (b) abdução do úmero
(c) adução do úmero (d) elevação da escápula

2. Qual dos seguintes músculos realiza a abdução do quadril?
(a) pectíneo (b) psoas
(c) obturador interno (d) piriforme

3. O músculo tibial anterior realiza a dorsiflexão do pé. Qual dos seguintes músculos é antagonista do tibial anterior?
(a) flexor longo dos dedos (b) gastrocnêmio
(c) flexor longo do hálux (d) todos os anteriores

4. Quando se observa em um paciente um hematoma no músculo glúteo máximo, pode-se esperar que haja desconforto na produção da:
(a) flexão no joelho (b) extensão no quadril
(c) abdução no quadril (d) todas as anteriores

5. O bíceps braquial exerce ações em três articulações. Quais são essas articulações e as respectivas ações?

6. Quais músculos sustentam lateralmente o joelho e tornam-se hipertróficos em bailarinos devido à sua intensa solicitação para flexão e abdução no quadril?

7. Quando um dançarino faz alongamento muscular da perna e posiciona o calcanhar sobre a barra, que grupo de músculos é alongado?

8. Qual é a função dos músculos intrínsecos da mão?

9. Como o músculo tensor da fáscia lata atua sinergicamente com o músculo glúteo máximo?

10. Quais são as principais funções dos retináculos dos músculos extensores e flexores na região do punho e do tornozelo?

Nível 3 – Pensamento crítico

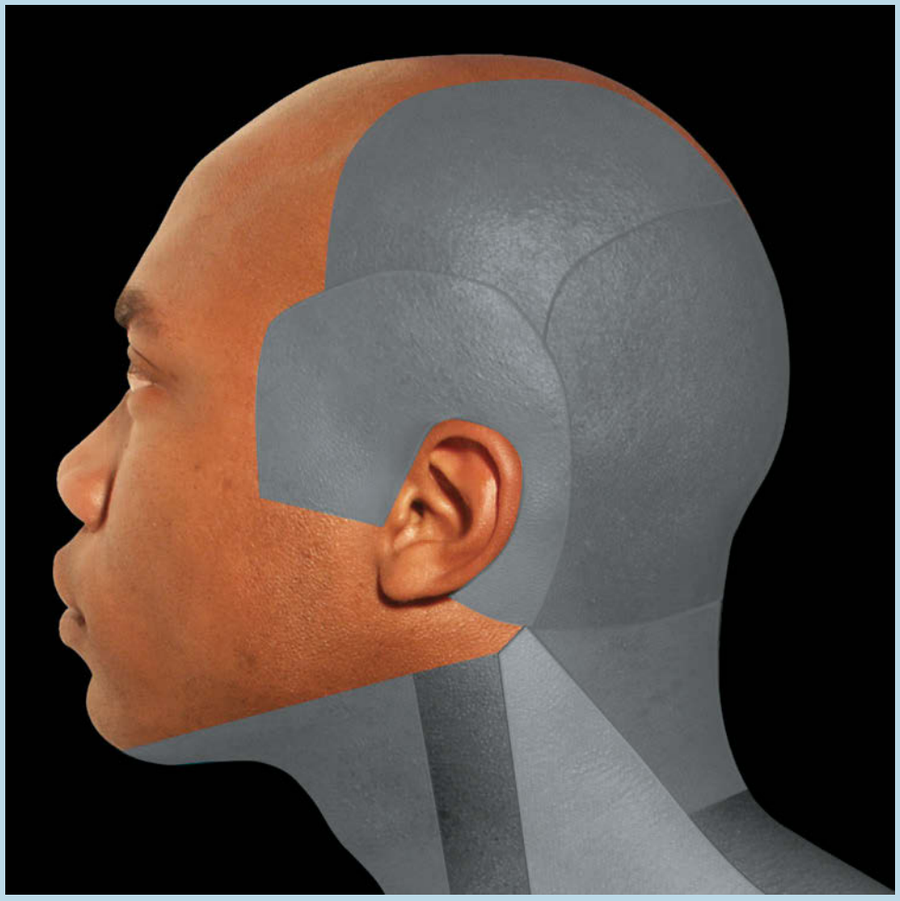
1. Descreva como os músculos da mão atuam ao segurar uma caneta ou lápis para escrever ou desenhar.

2. Ao jogar futebol, José estira os músculos do compartimento posterior da coxa. Como resultado desta lesão, ele apresenta dificuldade para fletir e rodar medialmente a coxa. Quais músculos do compartimento posterior foram provavelmente lesados?

3. Ao descarregar um caminhão, Linda estira um músculo e, como resultado, apresenta dificuldade para movimentar o braço. O médico do pronto-socorro lhe diz que ela sofreu um estiramento do músculo peitoral maior. Linda diz a você que pensava que esse músculo fosse do tórax e não compreende como ele se relaciona com a movimentação do braço. O que você diria a ela?

12

Anatomia de Superfície e Anatomia Seccional Transversa



Introdução 328

Uma abordagem regional para a anatomia de superfície 328

Anatomia seccional transversa 336

OBJETIVOS DO CAPÍTULO:

1. Definir anatomia de superfície e descrever sua importância no ambiente clínico.
2. Estudar, por observação visual e palpação, a anatomia de superfície da cabeça e pescoço utilizando as imagens fotográficas legendadas como referência.
3. Estudar, por observação visual e palpação, a anatomia de superfície do tórax utilizando as imagens fotográficas legendadas como referência.
4. Estudar, por observação visual e palpação, a anatomia de superfície do abdome utilizando as imagens fotográficas legendadas como referência.
5. Estudar, por observação visual e palpação, a anatomia de superfície do membro superior utilizando as imagens fotográficas legendadas como referência.
6. Estudar, por observação visual e palpação, a anatomia de superfície da pelve e do membro inferior utilizando as imagens fotográficas legendadas como referência.
7. Descrever a importância da anatomia seccional transversa para desenvolver uma compreensão tridimensional dos conceitos anatômicos.
8. Visualizar as posições relativas e a orientação das principais estruturas da cabeça e pescoço utilizando as imagens legendadas de cortes transversais como referência.
9. Visualizar as posições relativas e a orientação das principais estruturas da cavidade torácica utilizando as imagens legendadas de cortes transversais como referência.
10. Visualizar as posições relativas e a orientação das principais estruturas da cavidade abdominal utilizando as imagens legendadas de cortes transversais como referência.
11. Visualizar as posições relativas e a orientação das principais estruturas da cavidade pélvica utilizando as imagens legendadas de cortes transversais como referência.

A primeira parte deste capítulo concentra-se nas estruturas anatômicas identificáveis na superfície do corpo. A **anatomia de superfície** é o estudo dos pontos de referência anatômica no exterior do corpo humano. As fotografias neste capítulo perfazem o corpo inteiro, fornecendo aspectos visuais que destacam pontos de referência no esqueleto e contornos musculares. O Capítulo 1 ofereceu uma visão geral da anatomia de superfície. ∞ págs. 3, 14, 15 Agora que você está familiarizado com a anatomia básica dos sistemas esquelético e muscular, um exame detalhado da anatomia de superfície ajudará a demonstrar as relações estruturais e funcionais entre esses sistemas. Muitas das figuras nos capítulos anteriores incluíram vistas anatômicas de superfície; tais figuras serão citadas ao longo deste capítulo.

A anatomia de superfície apresenta inúmeras aplicações práticas. Por exemplo, a compreensão da anatomia de superfície é crucial para o exame físico do paciente em um ambiente clínico. No laboratório, a familiaridade com a anatomia de superfície é essencial para a realização de procedimentos invasivos e não-invasivos.

Uma abordagem regional para a anatomia de superfície

A anatomia de superfície é estudada de forma mais clara ao se utilizar uma abordagem regional. As regiões são *cabeça e pescoço, tórax, abdome, membro superior e membro inferior*. Esta informação é apresentada de modo pictórico usando fotografias de corpos humanos vivos. Estes modelos têm músculos bem desenvolvidos e muito pouca gordura corporal. Como pode ser difícil localizar muitas referências anatômicas sob uma camada adiposa subcutânea mais espessa, você pode ter dificuldades para localizá-las em seu próprio corpo. Na prática, a observação anatômica envolve freqüentemente a determinação aproximada do local e a palpação para a localização de estruturas específicas. Nos cortes que se seguem, explore por observação visual e palpação a anatomia de superfície das regiões do corpo utilizando as imagens fotográficas legendadas como referência.

Cabeça e pescoço [Figura 12.1]

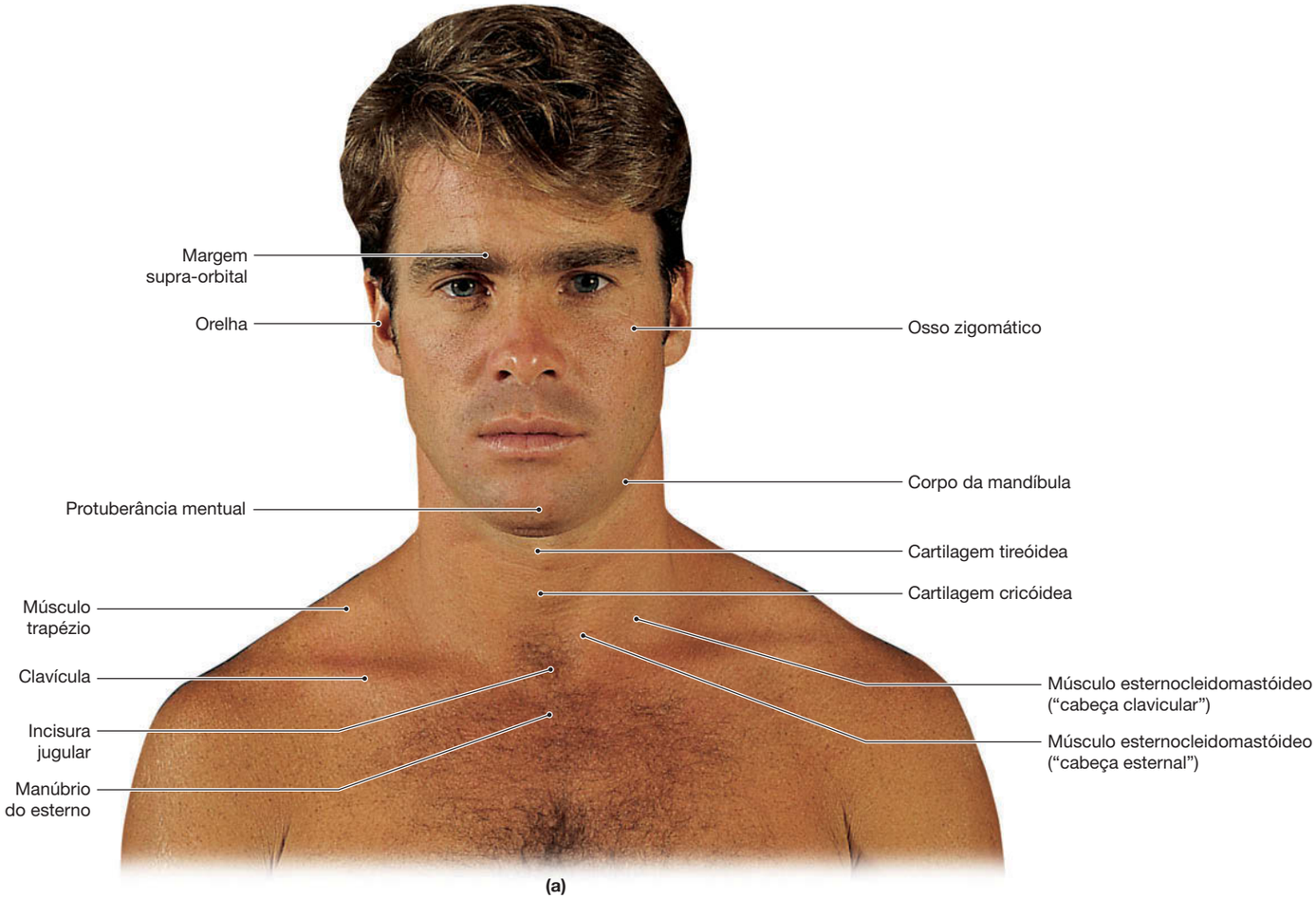
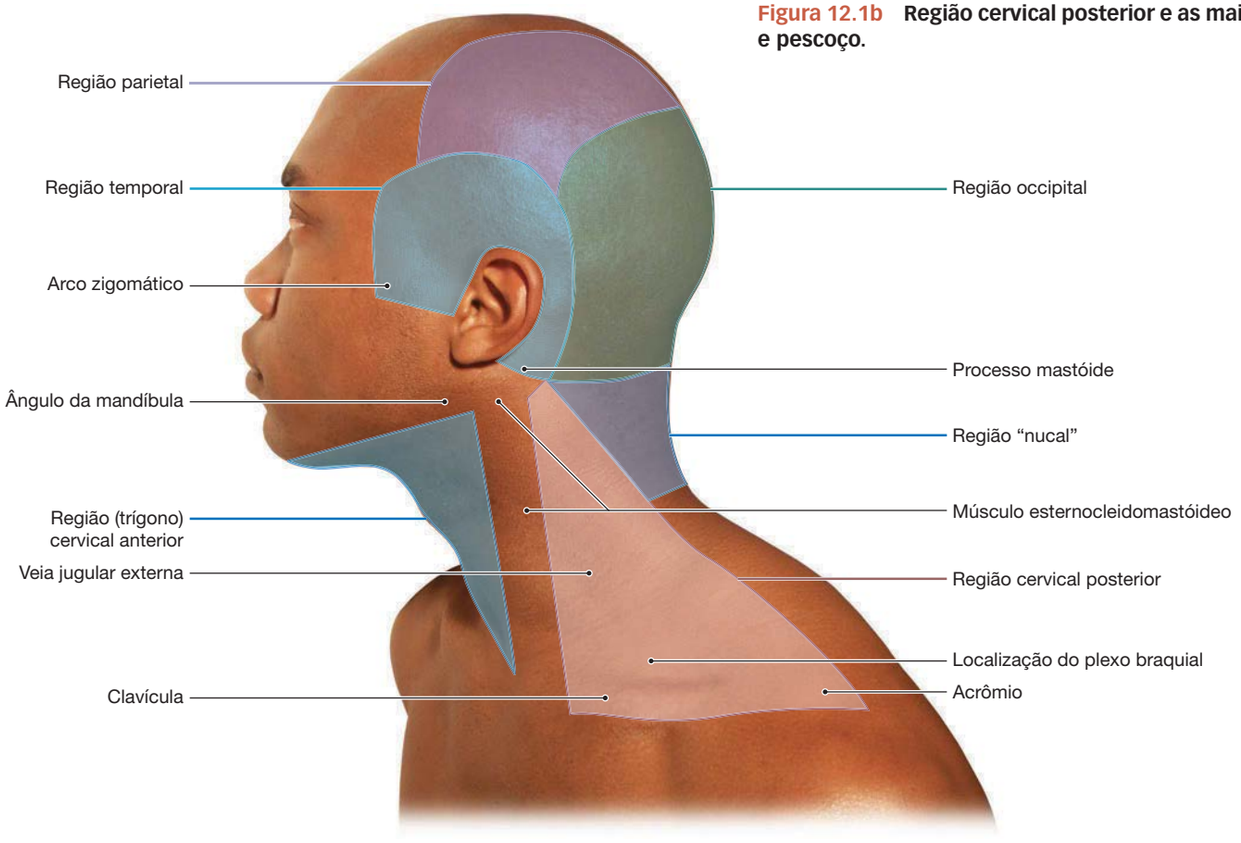


Figura 12.1 Cabeça e pescoço.
(a) Vista anterior. *Para detalhes relacionados à musculatura desta região, ver Figuras 10.3 e 10.4, págs. 264-265.* A **região (trígono) cervical anterior** (partes b e c) se estende da linha mediana anterior até a margem anterior do músculo esternocleidomastóideo. A **região cervical posterior** (parte b) se estende entre a margem posterior do músculo esternocleidomastóideo e a margem anterior do músculo trapézio.

Figura 12.1b **Região cervical posterior e as maiores regiões da cabeça e pescoço.**



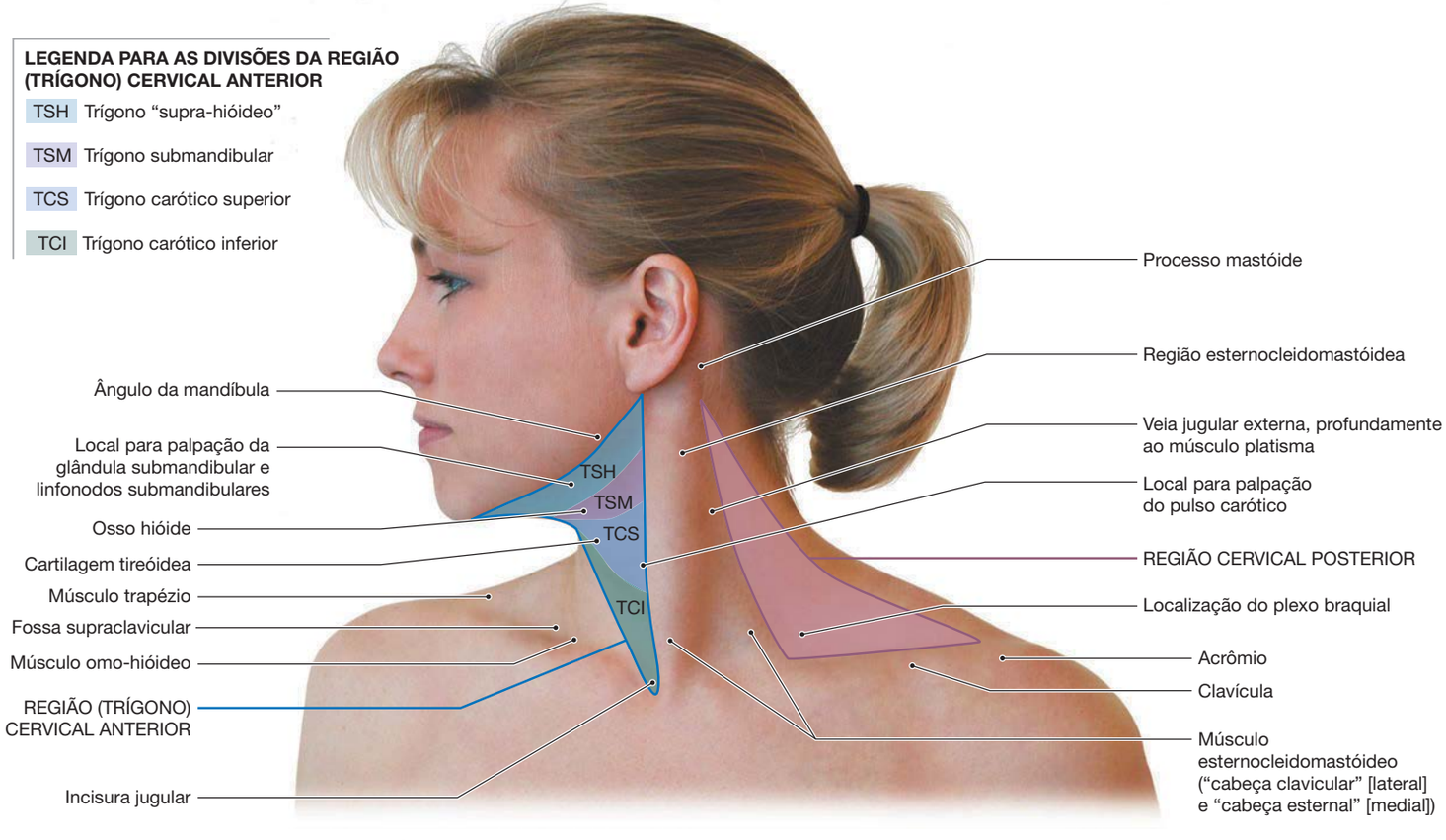


Figura 12.1c **Subdivisões da região (trígono) cervical anterior.**

O tórax [Figura 12.2]

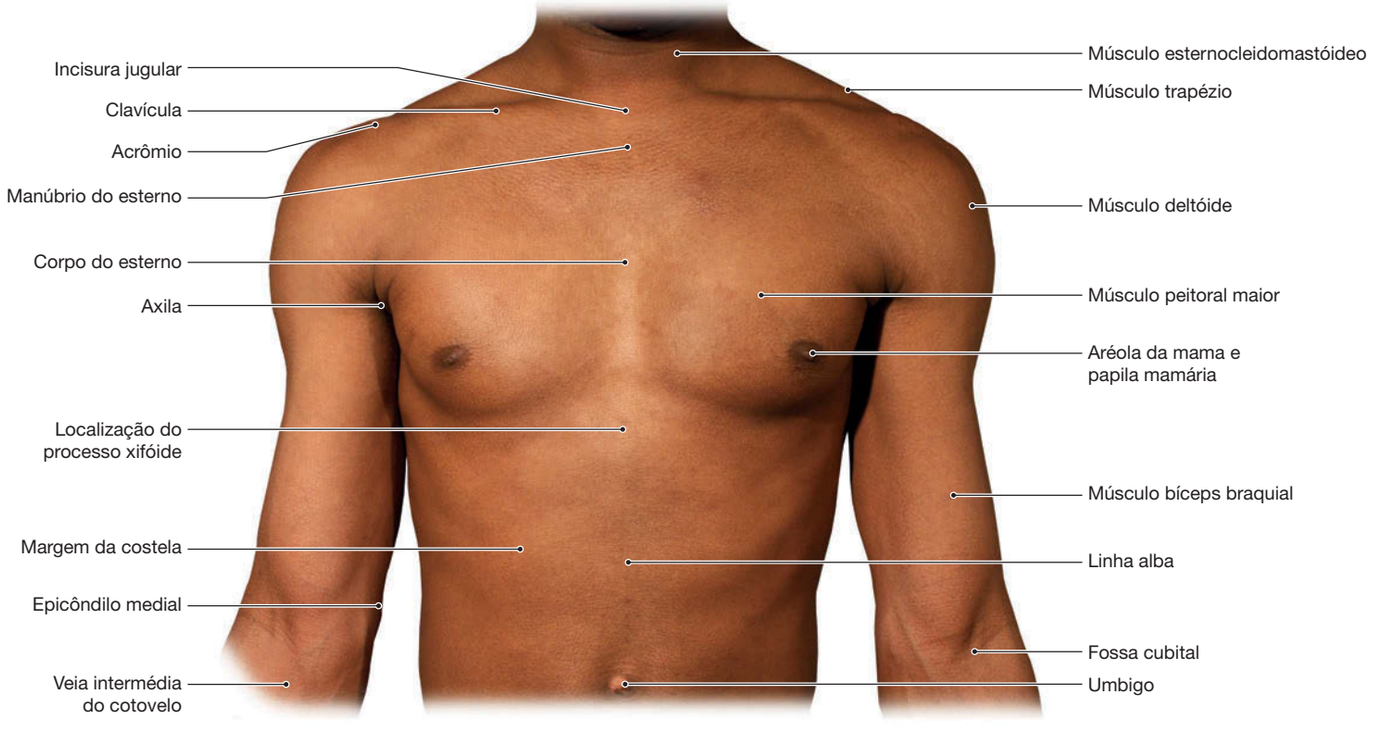


Figura 12.2a **Região torácica anterior.**

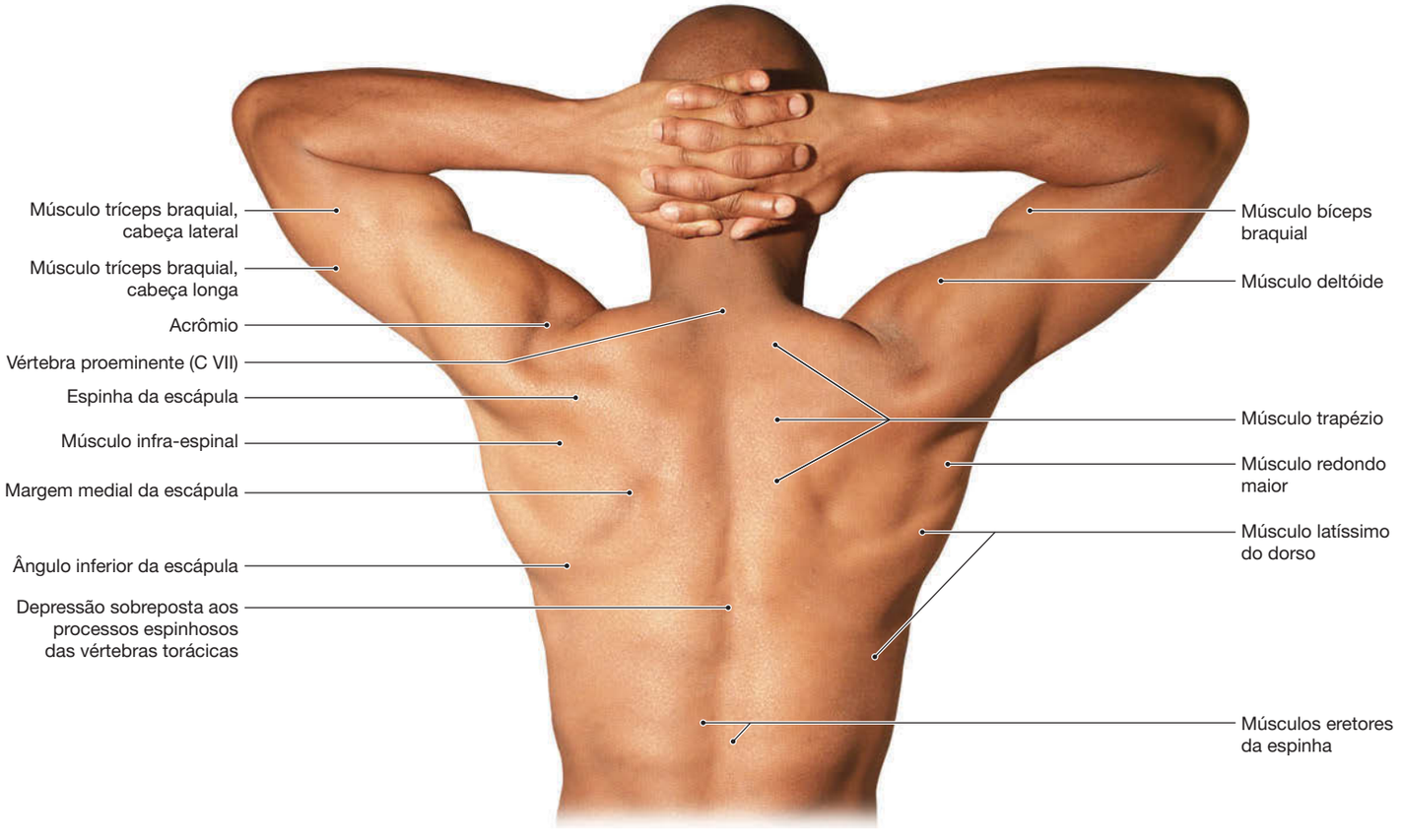


Figura 12.2b **As regiões do dorso e do ombro.**
Figura 12.2 **O tórax.**

O abdome [Figura 12.3]

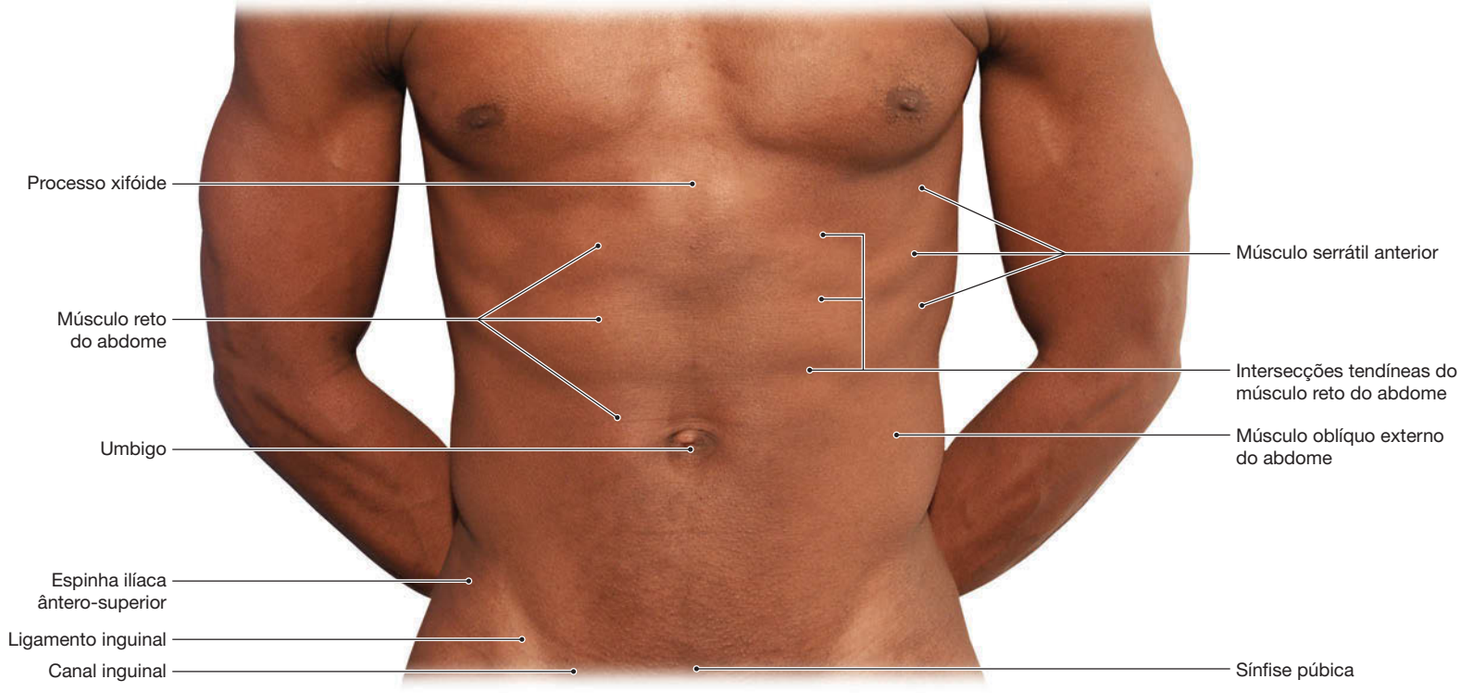


Figura 12.3a **Parede anterior do abdome.**

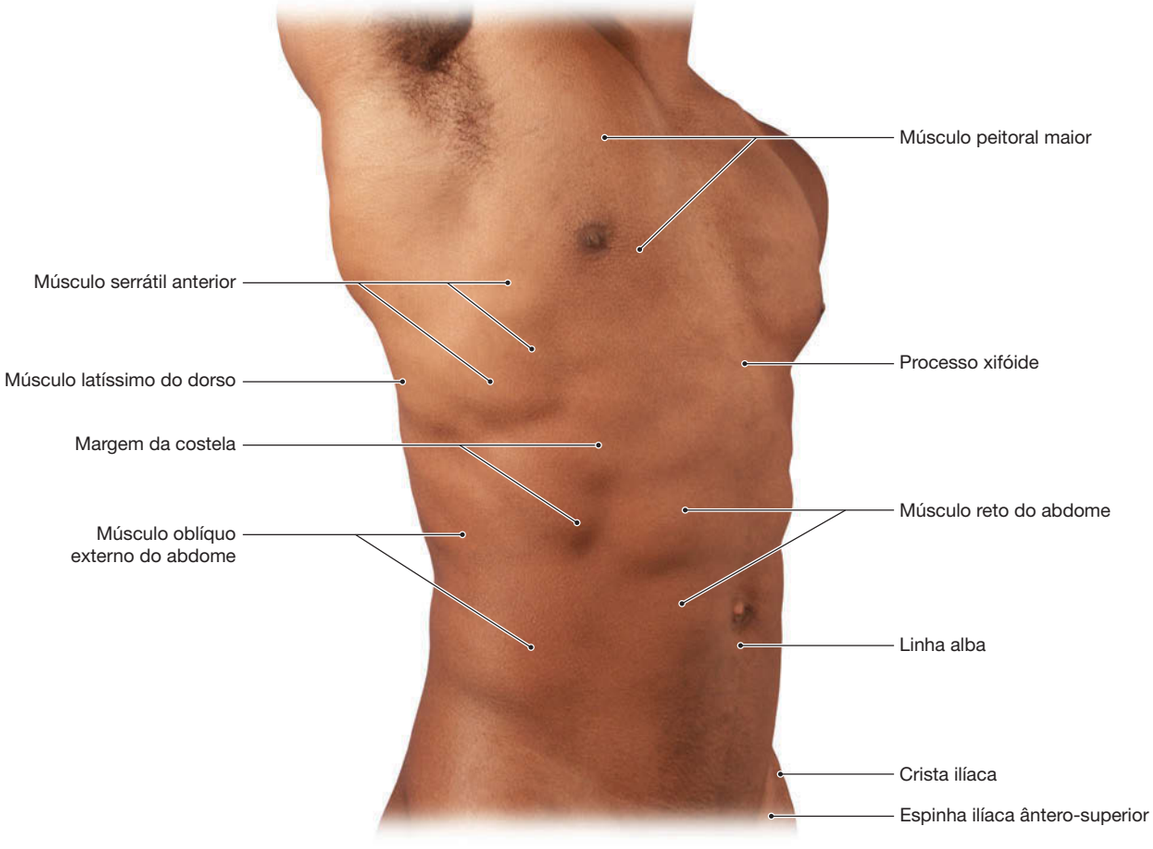


Figura 12.3b **Vista ântero-lateral da parede do abdome.**

Figura 12.3 **A parede do abdome.**
Para detalhes adicionais da parede do abdome, ver Figura 10.13, pág. 277.

O membro superior [Figura 12.4]

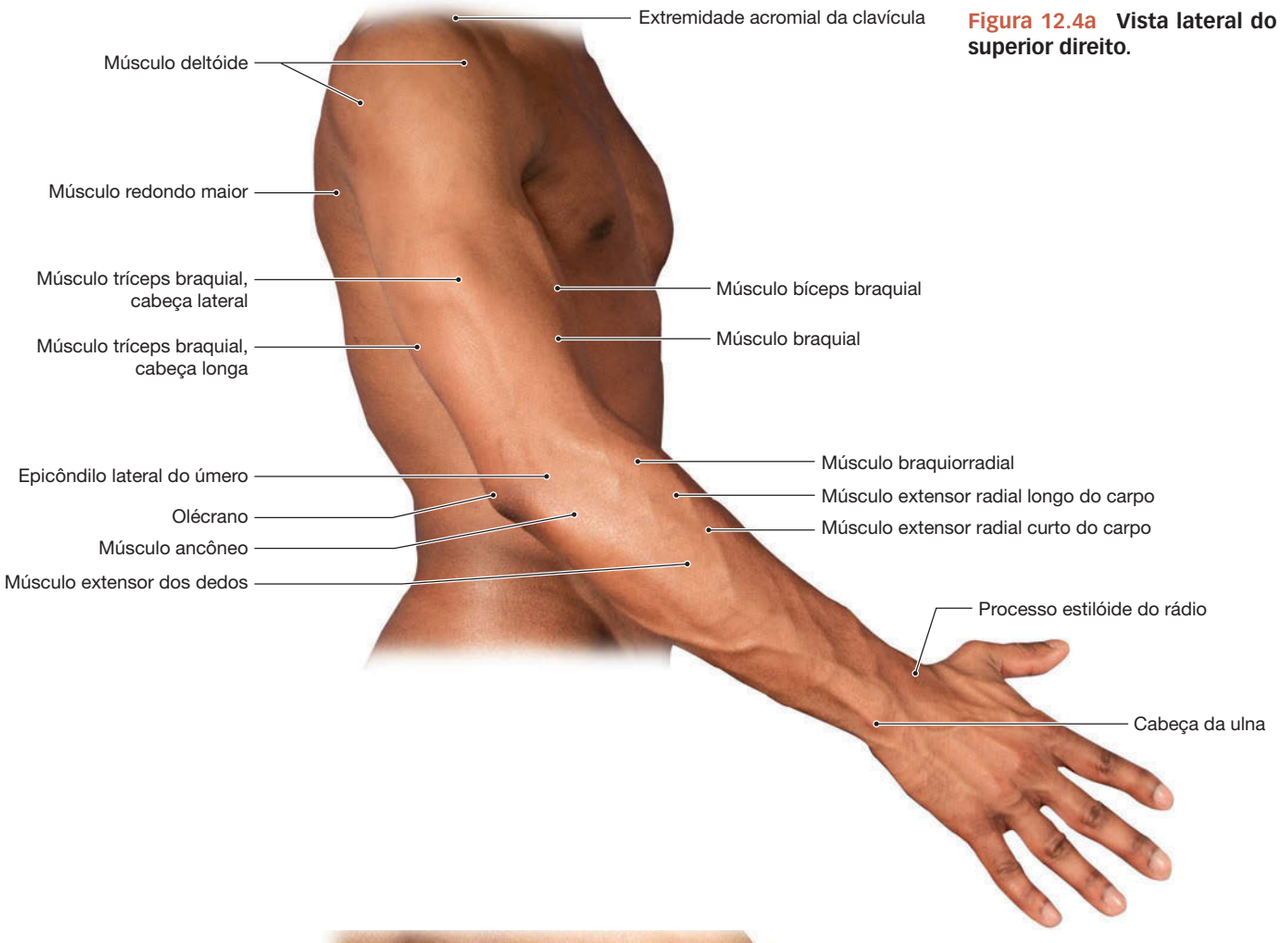


Figura 12.4a **Vista lateral do membro superior direito.**

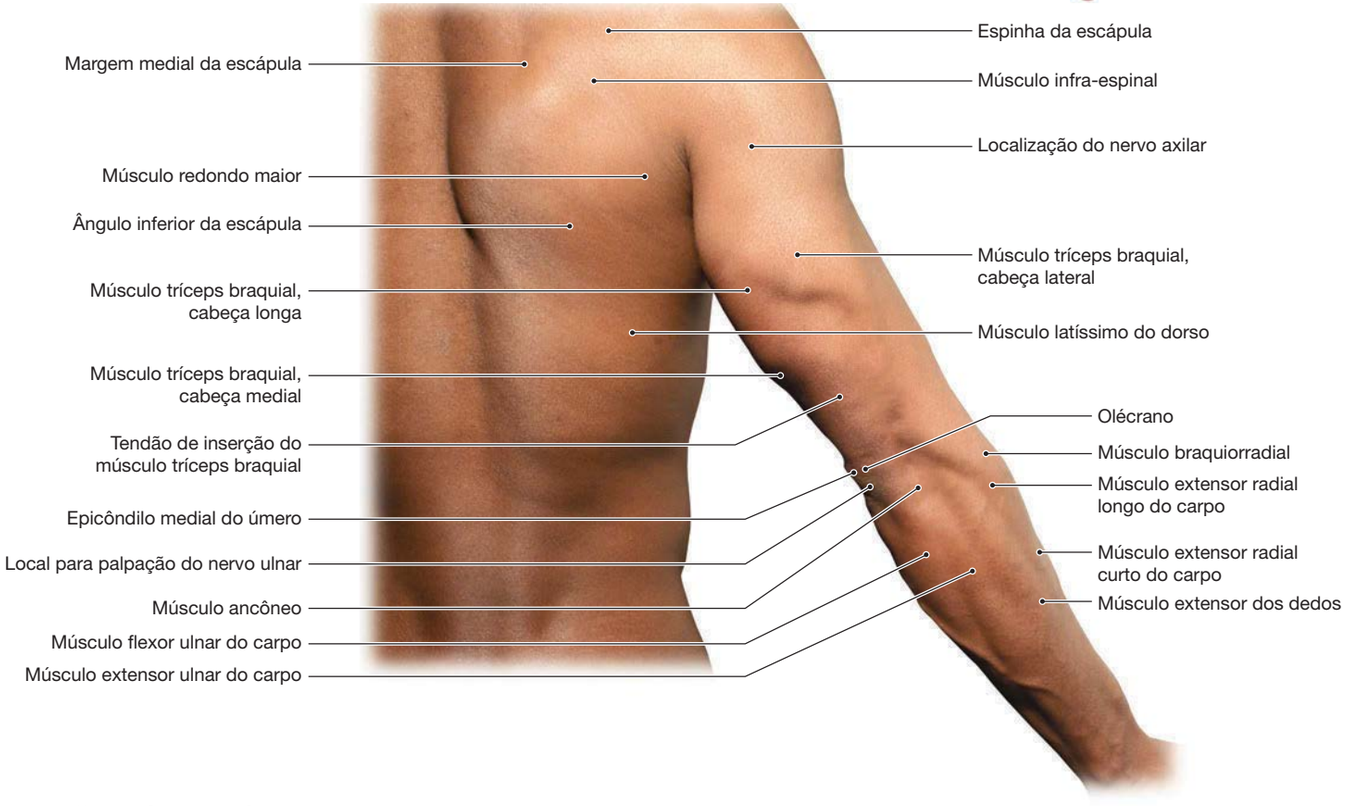


Figura 12.4b **Vista posterior do tórax e do membro superior direito.**

Figura 12.4 **O membro superior.**
Para detalhes adicionais do braço e do antebraço, ver Figuras 11.8 e 11.9, págs. 294-297.

Braço, antebraço e punho [Figura 12.5]

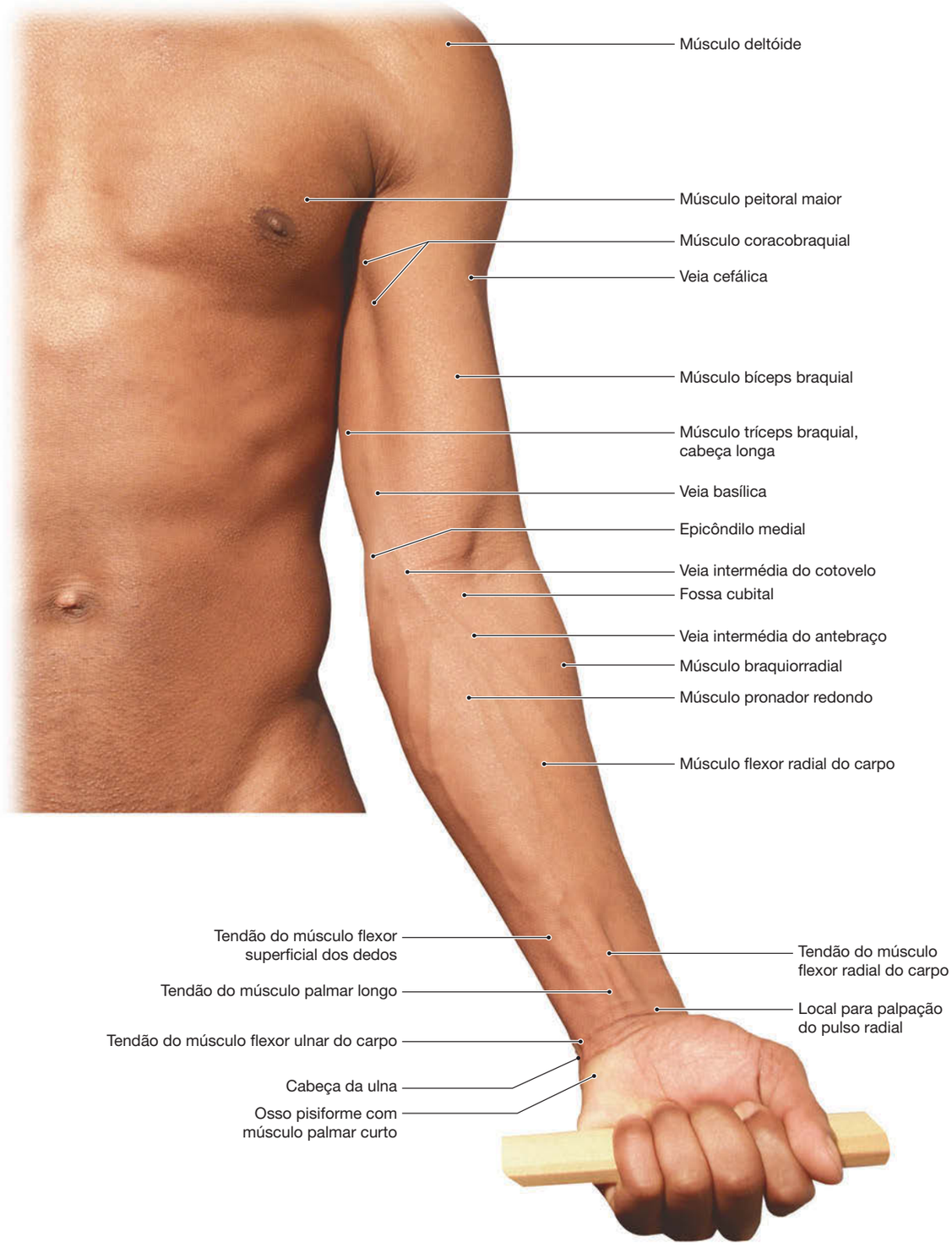


Figura 12.5 Braço, antebraço e punho.
Vista anterior do braço, antebraço e punho esquerdos. *Para detalhes adicionais do braço e do antebraço, ver Figuras 11.5, 11.6, 11.8 e 11.9, págs. 289, 291, 294-295, 296-297.*

A pelve e o membro inferior [Figura 12.6]

Figura 12.6a **Superfície anterior da coxa direita.**

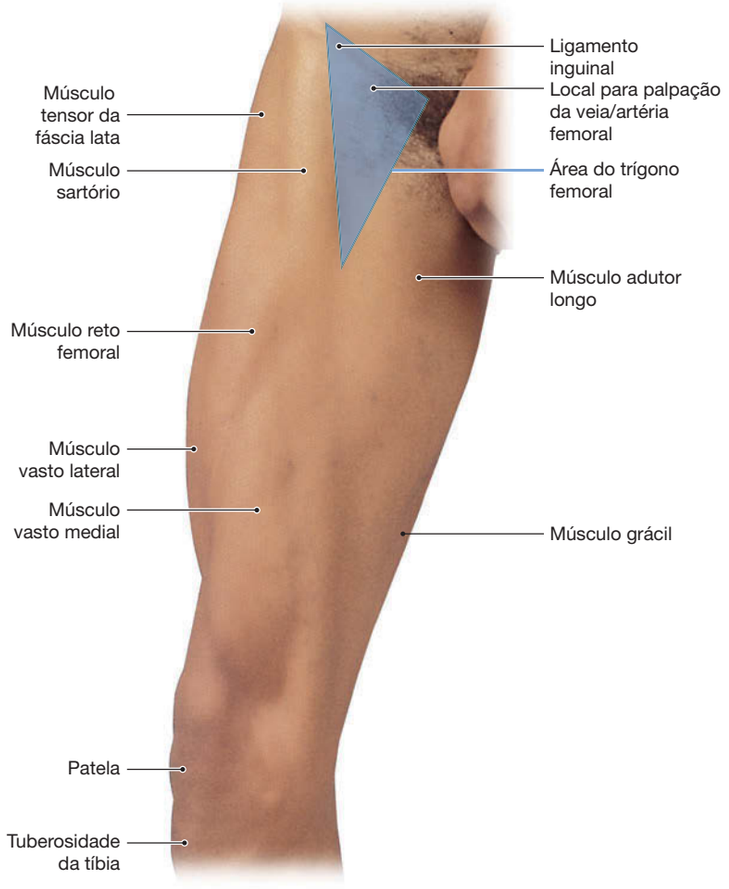
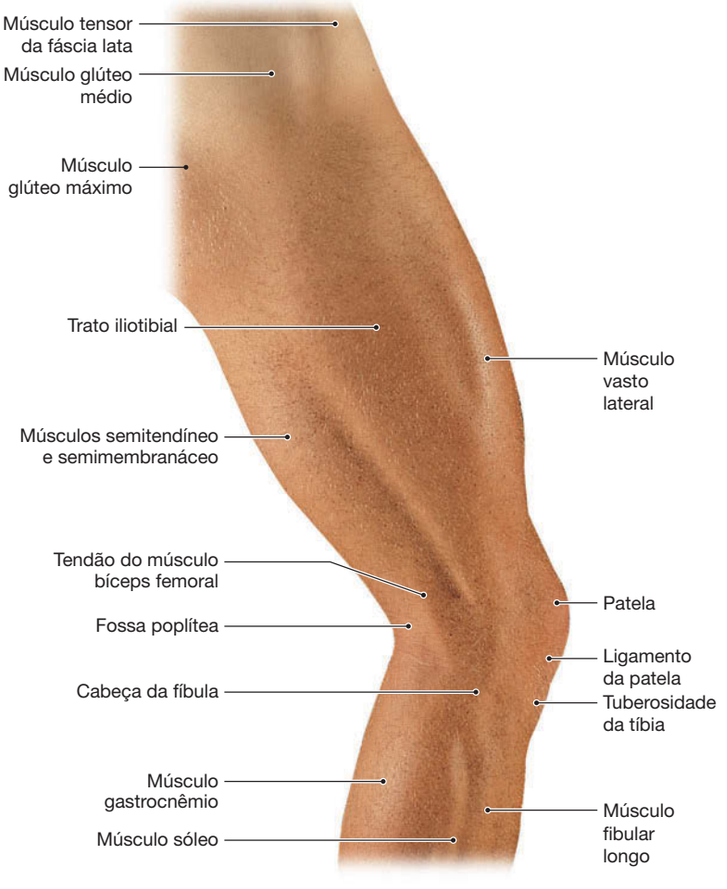


Figura 12.6b **Superfície lateral da coxa direita e da região glútea.**



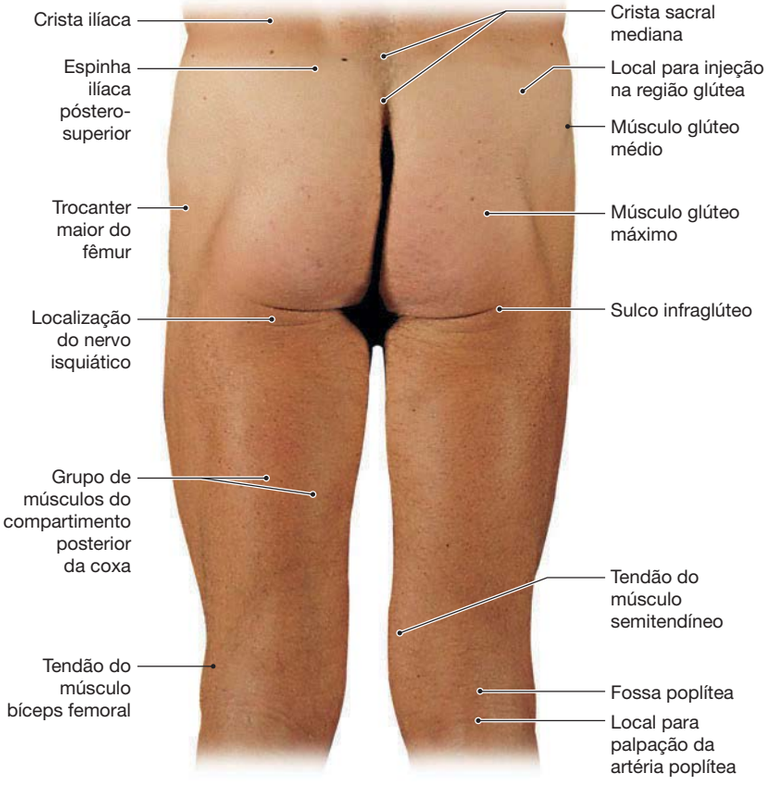


Figura 12.6c **Superfície posterior da coxa direita e da região glútea.**

Figura 12.6 **A pelve e o membro inferior.**
Os limites do *trígono femoral* são o ligamento inguinal, a margem medial do músculo sartório e a margem lateral do músculo adutor longo. *Para detalhes adicionais da coxa, ver Figuras 11.12 a 11.17, págs. 302-303, 305-307, 309-311.*

Perna e pé [Figura 12.7]

Figura 12.7a **Vista anterior da perna e do joelho direitos.**

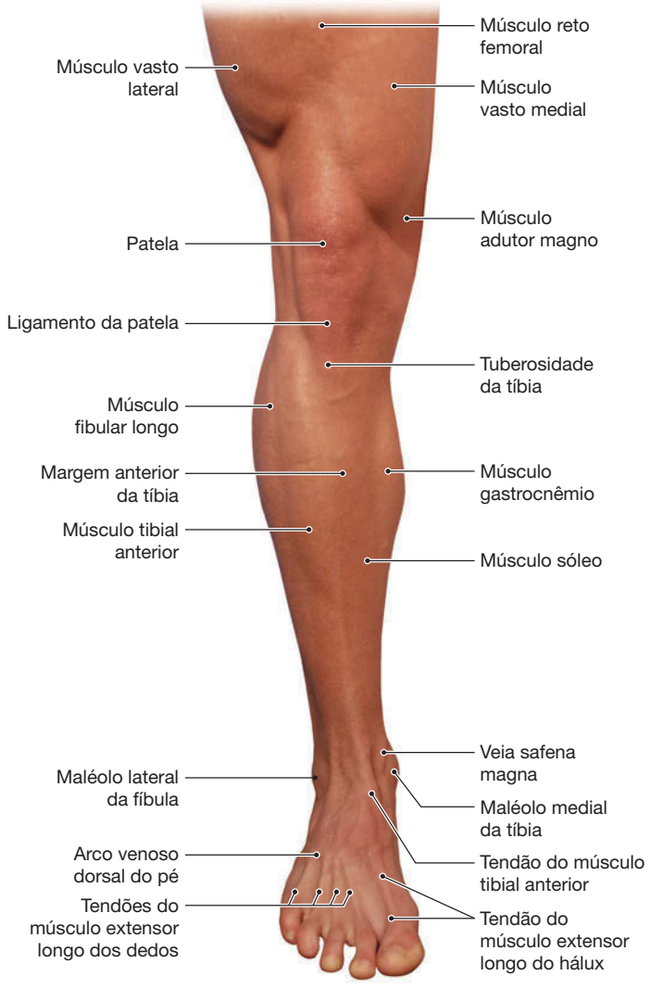


Figura 12.7b **Vista posterior da perna e do joelho direitos.**

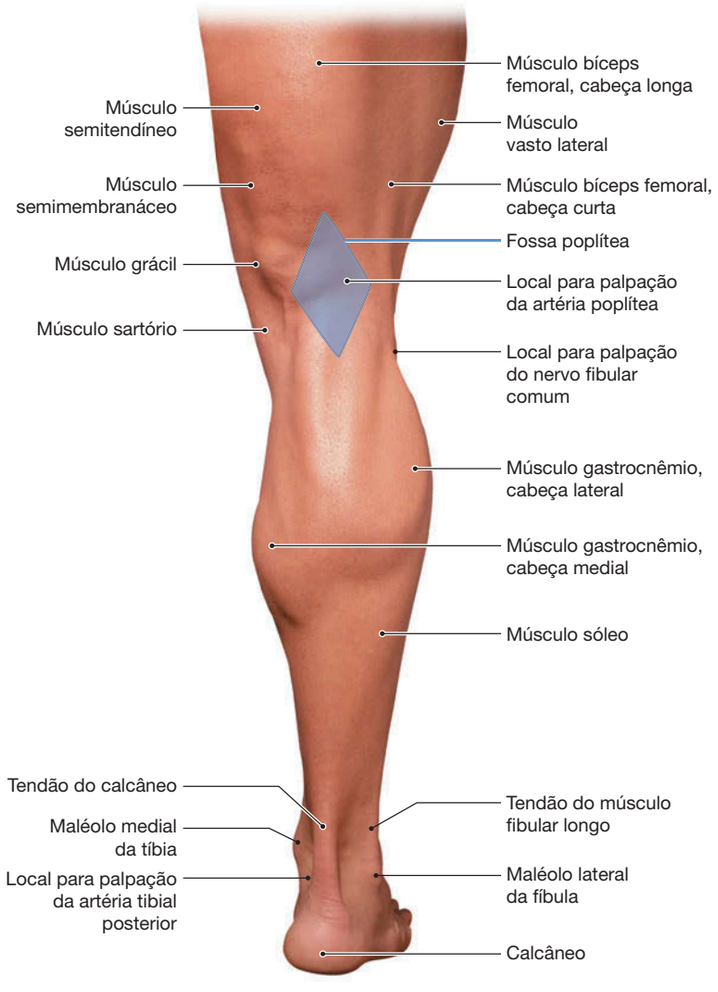


Figura 12.7c **Vista anterior do tornozelo e do pé direitos.**

Figura 12.7d **Vista posterior do tornozelo e do pé direitos.**

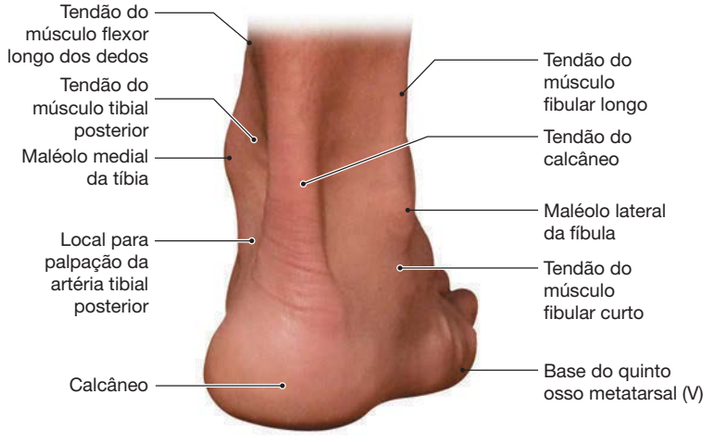


Figura 12.7 **Perna e pé.**

Para outras vistas do tornozelo e do pé, ver Figuras 7.15 a 7.18, págs. 196-200, e Figuras 11.15 a 11.21, págs. 306-307, 309-317.

Anatomia seccional transversa

A metodologia utilizada para visualizar estruturas anatômicas mudou significativamente nos últimos 10 a 20 anos. Assim, o nível de exigência requerido dos estudantes de anatomia humana também se modificou e aumentou. Os estudantes de anatomia atualmente precisam saber como visualizar e compreender as relações tridimensionais das estruturas anatômicas em uma ampla variedade de formatos. Uma das mais intrigantes e desafiadoras formas de visualizar o corpo humano é a secção transversal. Uma variedade de métodos tecnológicos pode ser utilizada para visualizar o corpo em secções transversais (∞ págs. 22-23). Um dos mais ambiciosos projetos conduzidos para buscar uma maior compreensão da anatomia seccional transversa humana foi o chamado *The Visible Human Project®* *(O Projeto do Homem Visível)* (∞ págs. 17-18). Este projeto resultou em mais de 1.800 imagens seccionais transversas do corpo humano e contribuiu significativamente para a compreensão do corpo humano.

Esta parte do capítulo oferece várias imagens de secções transversais obtidas do *The Visible Human Project®* e cedidas pela National Library of Medicine (Biblioteca Nacional de Medicina). Ao visualizar as imagens das secções transversais, considere, para cada imagem, os seguintes pontos no processo de interpretação e compreensão das relações anatômicas entre os órgãos: (1) Todas as secções transversais neste capítulo são imagens em vista inferior. Em outras palavras, são vistas como se o observador estivesse posicionado junto aos pés do indivíduo e olhando em direção à cabeça. Este é o método-padrão para apresentação de todas as imagens clínicas. (2) A mesma padronização coloca a superfície anterior na parte superior da imagem e a posterior na parte inferior da imagem. Esse método de apresentação faz com que as estruturas do lado direito do corpo apareçam à esquerda na imagem.

Nível do quiasma óptico [Figura 12.8]

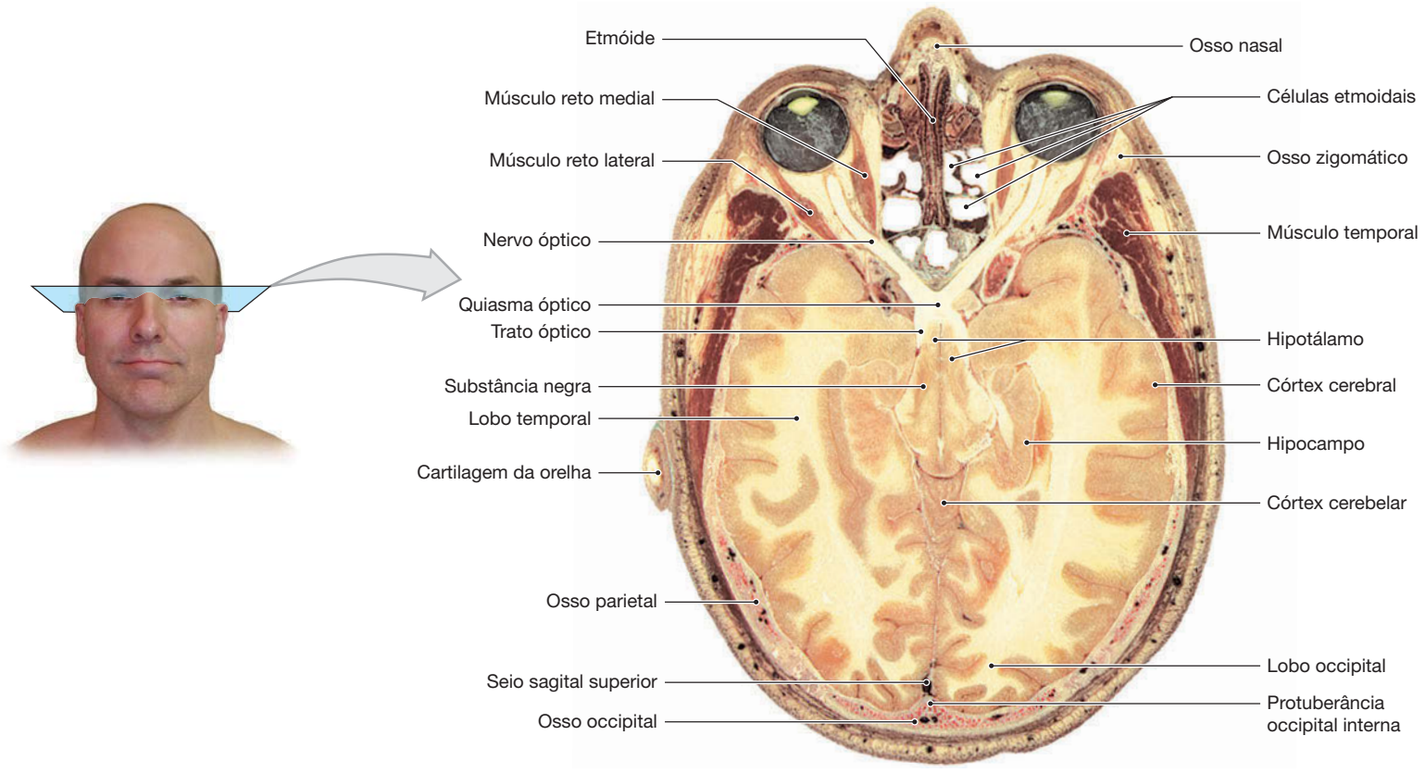


Figura 12.8 **Secção transversal da cabeça no nível do quiasma óptico.**
Para outras vistas do encéfalo, ver Figuras 15.13 e 15.21, págs. 405, 417.

Secção transversal da cabeça no nível de C II [Figura 12.9]

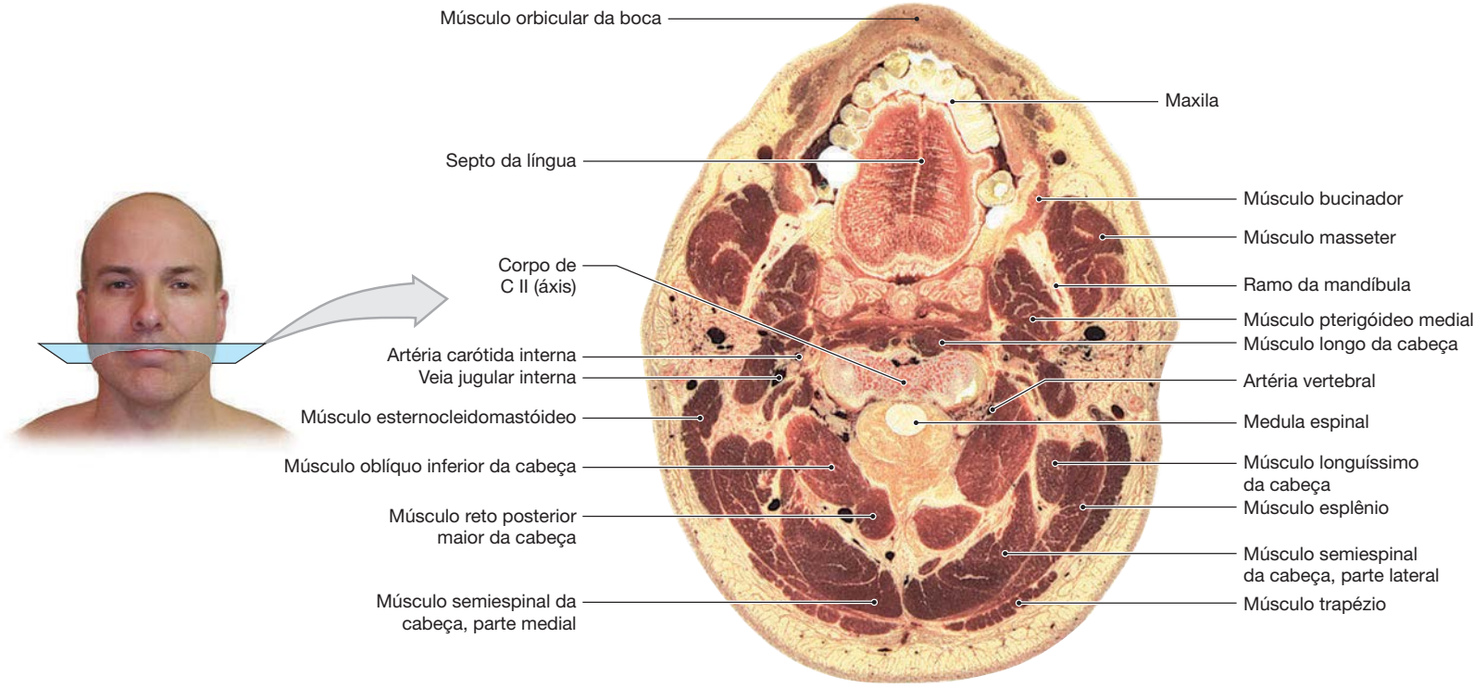


Figura 12.9 **Secção transversal da cabeça no nível de C II.**
Para outras vistas dos músculos da coluna vertebral, ver Figura 10.12, págs. 273-274.

Secção transversal no nível de T II [Figura 12.10]

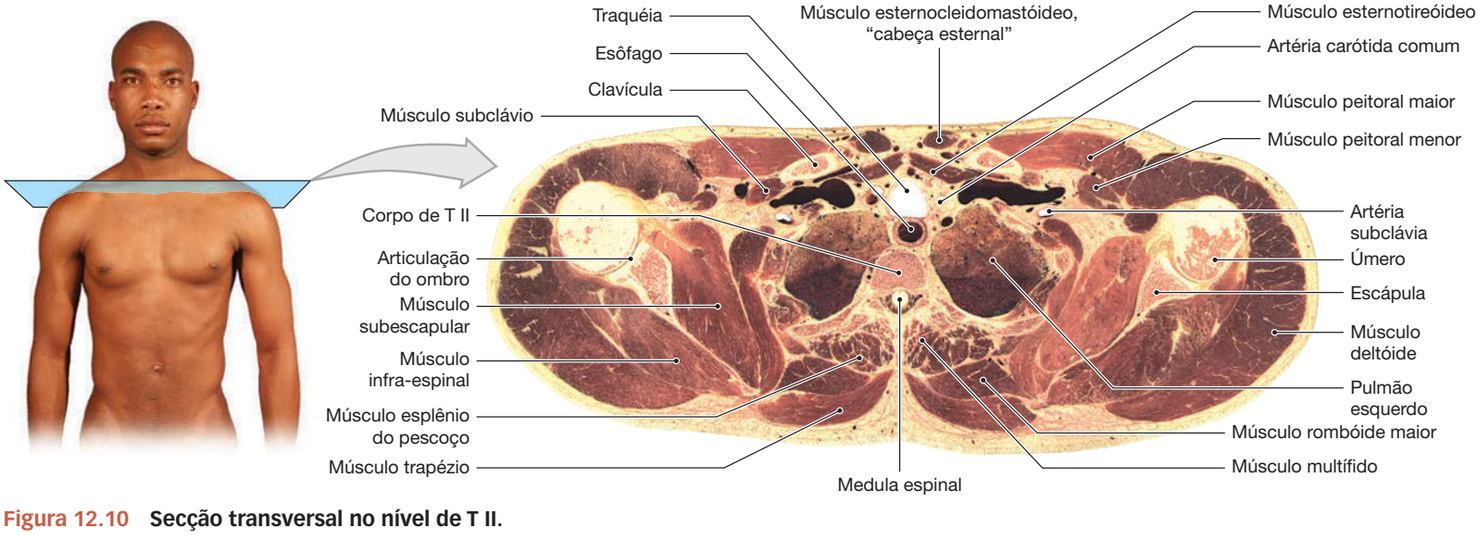


Figura 12.10 **Secção transversal no nível de T II.**
Para outras vistas da localização do coração no interior da cavidade torácica, ver Figura 21.2, pág. 549.

Secção transversal no nível de T VIII [Figura 12.11]

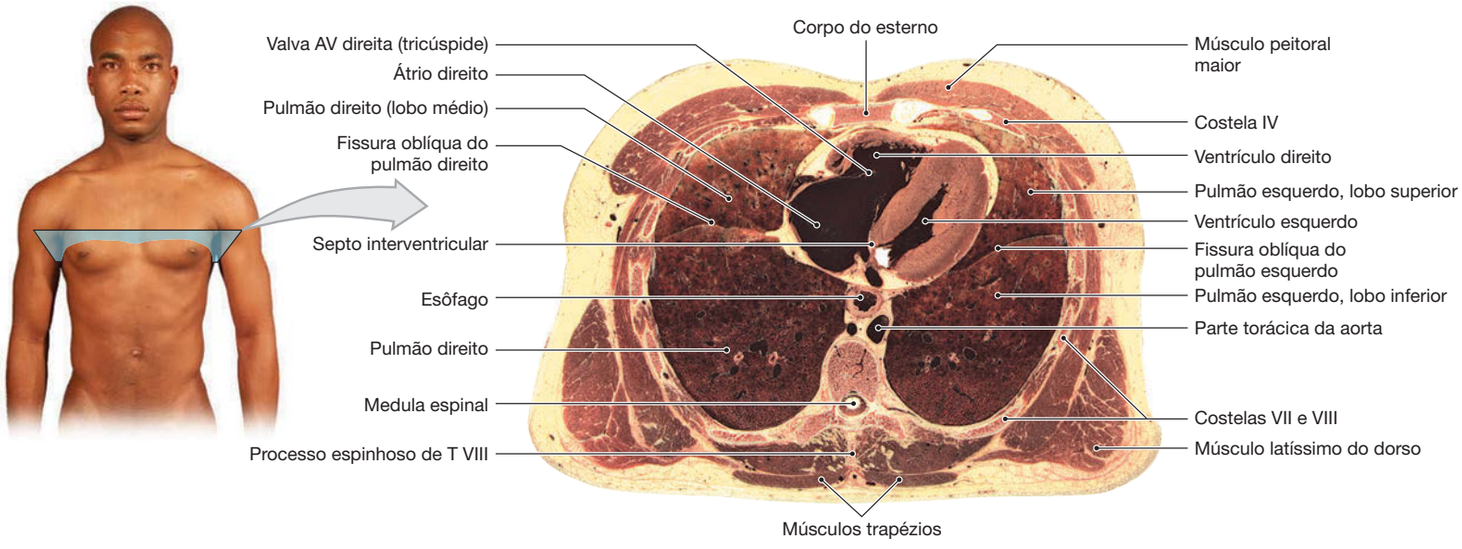


Figura 12.11 Secção transversal no nível de T VIII.
Para outras vistas do estômago e do fígado, ver Figuras 25.10, 25.11 e 25.20 nas págs. 669-670, 682-683.

Secção transversal no nível de T X [Figura 12.12]

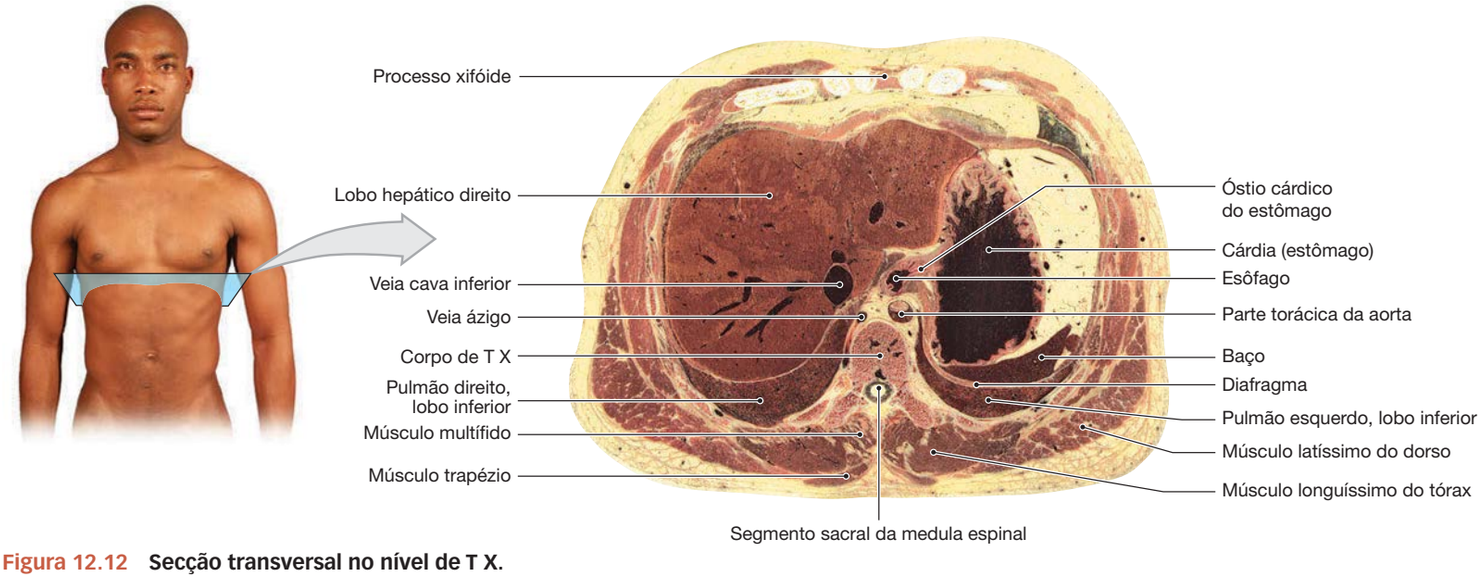


Figura 12.12 Secção transversal no nível de T X.
Para outras vistas do intestino grosso, ver Figura 25.17, pág. 678.

Secção transversal no nível de T XII [Figura 12.13]

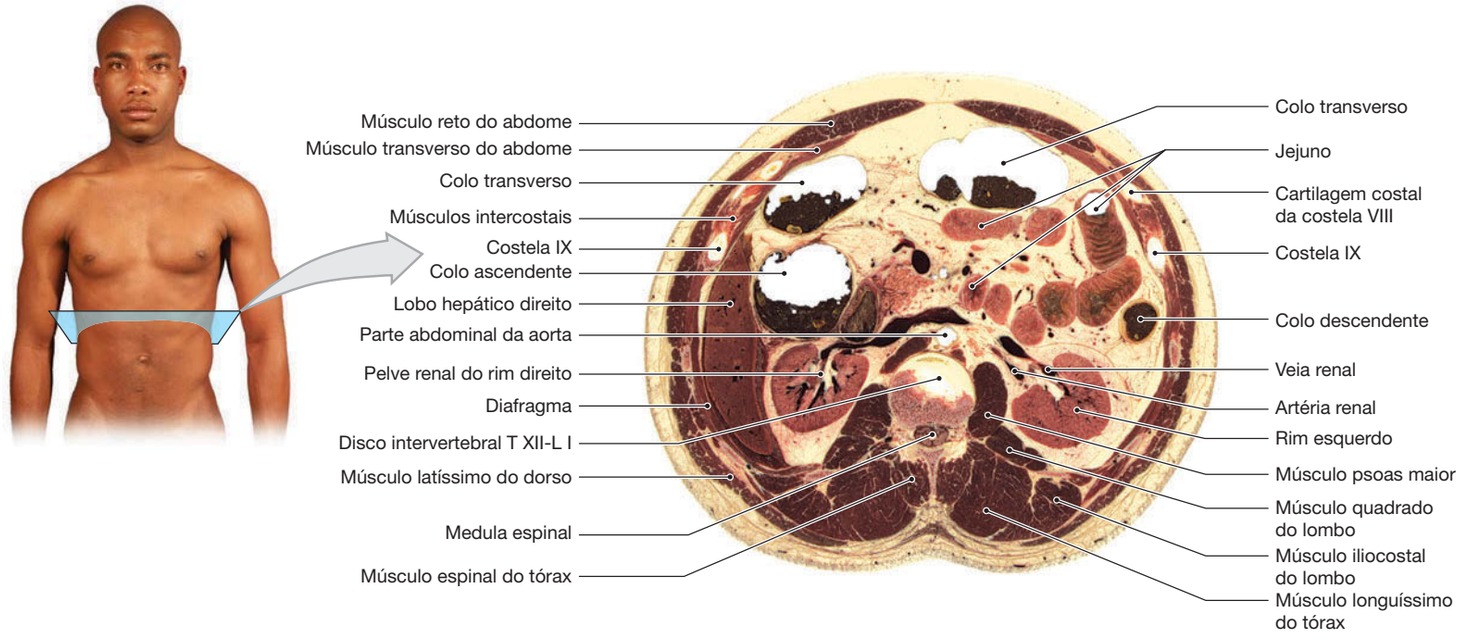


Figura 12.13 **Secção transversal no nível de T XII.**
Para outras vistas do rim, ver Figuras 26.1 e 26.3, págs. 695 e 697.

Secção transversal no nível de L V [Figura 12.14]

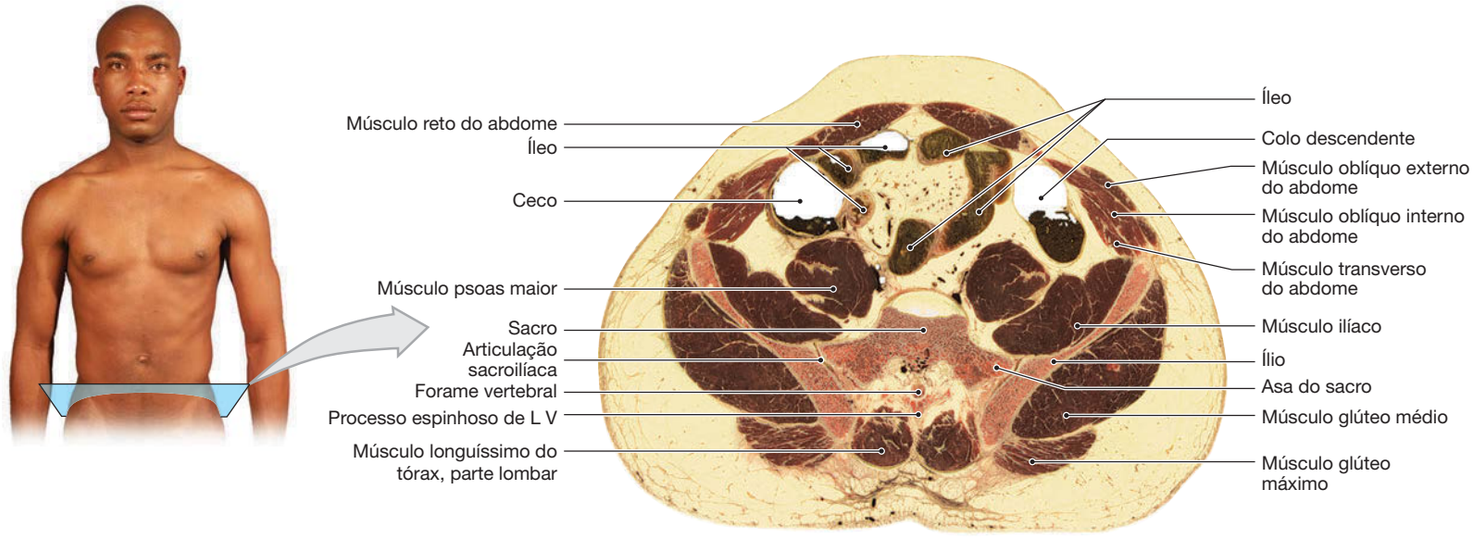
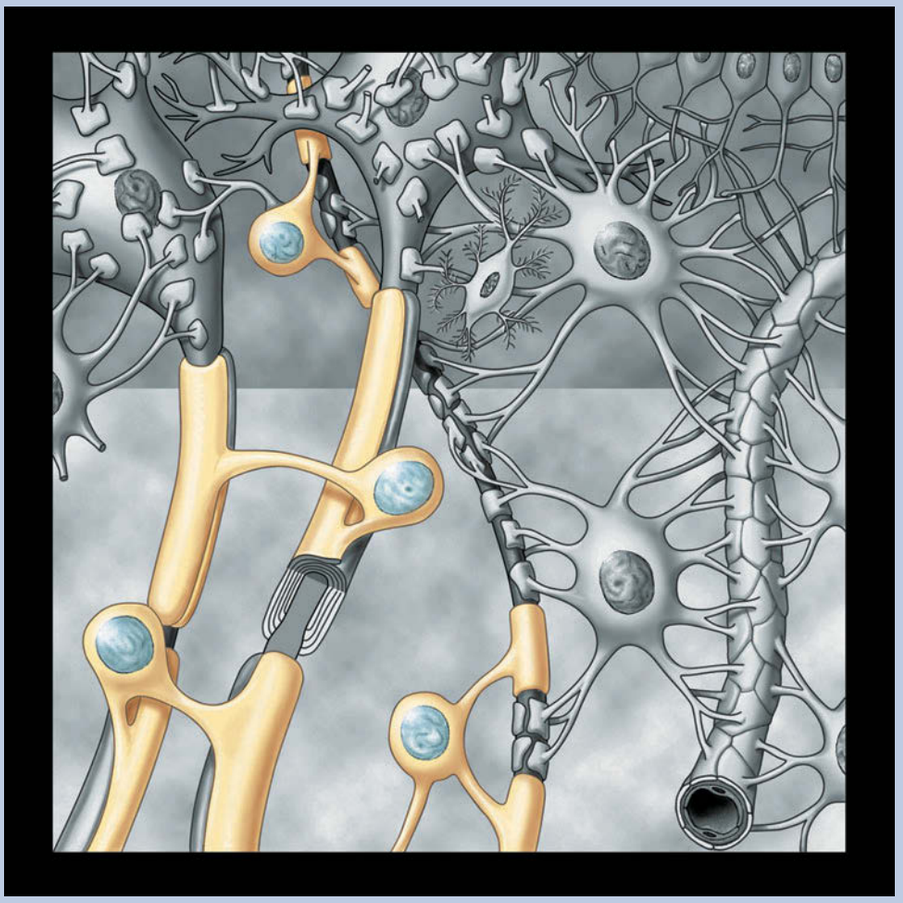


Figura 12.14 **Secção transversal no nível de L V.**

13

O Sistema Nervoso

Tecido Nervoso



OBJETIVOS DO CAPÍTULO:

1. Discutir a estrutura anatômica e as funções gerais do sistema nervoso.
2. Comparar e diferenciar as subdivisões anatômicas do sistema nervoso.
3. Diferenciar células da neuróglia e neurônios.
4. Descrever os diferentes tipos de células da neuróglia e relatar as suas estruturas e funções.
5. Descrever a estrutura e a função da bainha de mielina e as diferenças entre sua formação no sistema nervoso central (SNC) e no sistema nervoso periférico (SNP).
6. Descrever a estrutura de um neurônio típico e compreender as bases da classificação estrutural e funcional dos neurônios.
7. Descrever o processo de regeneração de um nervo periférico após lesão em seu axônio.
8. Descrever a importância da excitabilidade nas membranas de celulares nervosas e de células musculares.
9. Identificar os fatores que determinam a velocidade de condução do impulso nervoso.
10. Descrever a microanatomia das sinapses, resumir os eventos que ocorrem durante a transmissão sináptica e descrever os efeitos de um neurotransmissor típico, a acetilcolina (ACh).
11. Discutir as possíveis modalidades de interação entre neurônios individuais e entre grupos de neurônios em redes neuronais.
12. Descrever a organização anatômica básica do sistema nervoso.

Introdução 341

Uma visão geral sobre o sistema nervoso 341

A organização celular do tecido nervoso 342

Regeneração nervosa 352

O impulso nervoso 353

Comunicação sináptica 354

Organização e processamento neuronal 355

Organização anatômica do sistema nervoso 357

O *sistema nervoso* está entre os menores sistemas orgânicos, em termos de peso corporal, porém sem dúvida é o mais complexo. Embora seja muitas vezes comparado com um computador, o sistema nervoso é bem mais complexo e versátil do que qualquer dispositivo eletrônico. Ainda assim, como em um computador, o rápido fluxo de informações e a alta velocidade de processamento dependem de atividade elétrica. Todavia, diferentemente do computador, partes do cérebro têm a capacidade de reorganizar as conexões elétricas anteriormente estabelecidas de acordo com a chegada de novas informações – o que constitui parte do processo de aprendizagem.

Juntamente com o *sistema endócrino*, discutido no Capítulo 19, o sistema nervoso controla e ajusta as atividades de outros sistemas. Esses dois sistemas compartilham importantes características estruturais e funcionais. Ambos dependem de alguma forma de comunicação química com tecidos e órgãos-alvo e freqüentemente atuam de modo complementar. O sistema nervoso normalmente atua fornecendo rápidas e breves respostas a estímulos, modificando temporariamente as atividades de outros sistemas orgânicos. A resposta pode ser praticamente imediata – em poucos milissegundos – e os efeitos desaparecem logo após cessar a atividade nervosa. Em contrapartida, as respostas endócrinas tipicamente apresentam desenvolvimento mais lento do que as do sistema nervoso, mas freqüentemente duram mais tempo – horas, dias ou anos. O sistema endócrino modula a atividade metabólica dos demais sistemas em resposta à disponibilidade de nutrientes e à demanda energética. Ele também coordena processos contínuos por longos períodos (meses a anos), como o crescimento e o desenvolvimento. Os Capítulos 13 a 18 detalham os vários componentes e as funções do sistema nervoso. Este capítulo inicia a série do sistema nervoso, desenvolvendo considerações sobre a estrutura e a função do tecido nervoso, além dos princípios da função nervosa. Os capítulos subseqüentes se desenvolverão sobre esta base, explorando a organização funcional do encéfalo, da medula espinal, as funções de ordem superior e os órgãos dos sentidos.

Uma visão geral sobre o sistema nervoso [Figuras 13.1/13.2 e Tabela 13.1]

O **sistema nervoso** inclui todo o **tecido nervoso** do corpo. pág. 77 A Tabela 13.1 fornece uma visão geral dos termos e conceitos apresentados neste capítulo.

O sistema nervoso apresenta duas subdivisões anatômicas: o *sistema nervoso central* e o *sistema nervoso periférico* (Figura 13.1). O **sistema nervoso central (SNC)** consiste no *encéfalo* e na *medula espinal*. O SNC é responsável por integrar, processar e coordenar a chegada de estímulos sensitivos e a saída de estímulos motores. É ainda a sede de funções superiores como a inteligência, a memória, o aprendizado e as emoções. No início do desenvolvimento embriológico, o SNC começa como uma massa de tecido nervoso organizado na forma de um tubo oco. Com o desenvolvimento, a cavidade central diminui em proporção, mas a espessura das paredes e o diâmetro do espaço por ela delimitado variam de uma região a outra. A estreita cavidade central que persiste dentro da medula espinal é chamada de *canal central*; os *ventrículos* são câmaras expandidas, contínuas com o canal central, encontradas em regiões específicas do cérebro. O *líquido cerebrospinal (LC)*, ou *liquor*, preenche o canal central e os ventrículos, além de circundar o SNC.

O **sistema nervoso periférico (SNP)** inclui todos os tecidos nervosos fora do SNC. O SNP fornece informações sensitivas ao SNC e conduz informações motoras do SNC para sistemas e tecidos periféricos. O SNP apresenta duas subdivisões (Figura 13.2). A **divisão aferente** do SNP conduz informações sensitivas ao SNC, e a **divisão eferente** conduz estímulos motores para músculos e glândulas. A divisão aferente inicia-se com **receptores** que monitoram características específicas do ambiente. O receptor pode ser um *dendrito* (os processos sensitivos de um neurônio), uma célula especializada, ou um conjunto de células, ou ainda um órgão sensitivo complexo (como o olho, por exemplo). Seja qual for a sua estrutura, a estimulação de um receptor fornece informação que pode ser conduzida até o SNC. A divisão eferente inicia-se no interior do SNC e termina em um **efetuador**: uma célula muscular, glandular ou outra célula especializada para executar uma função específica. Ambas as divisões apresentam componentes *somáticos* e *viscerais*. A divisão aferente conduz informação dos receptores sensitivos **so-**

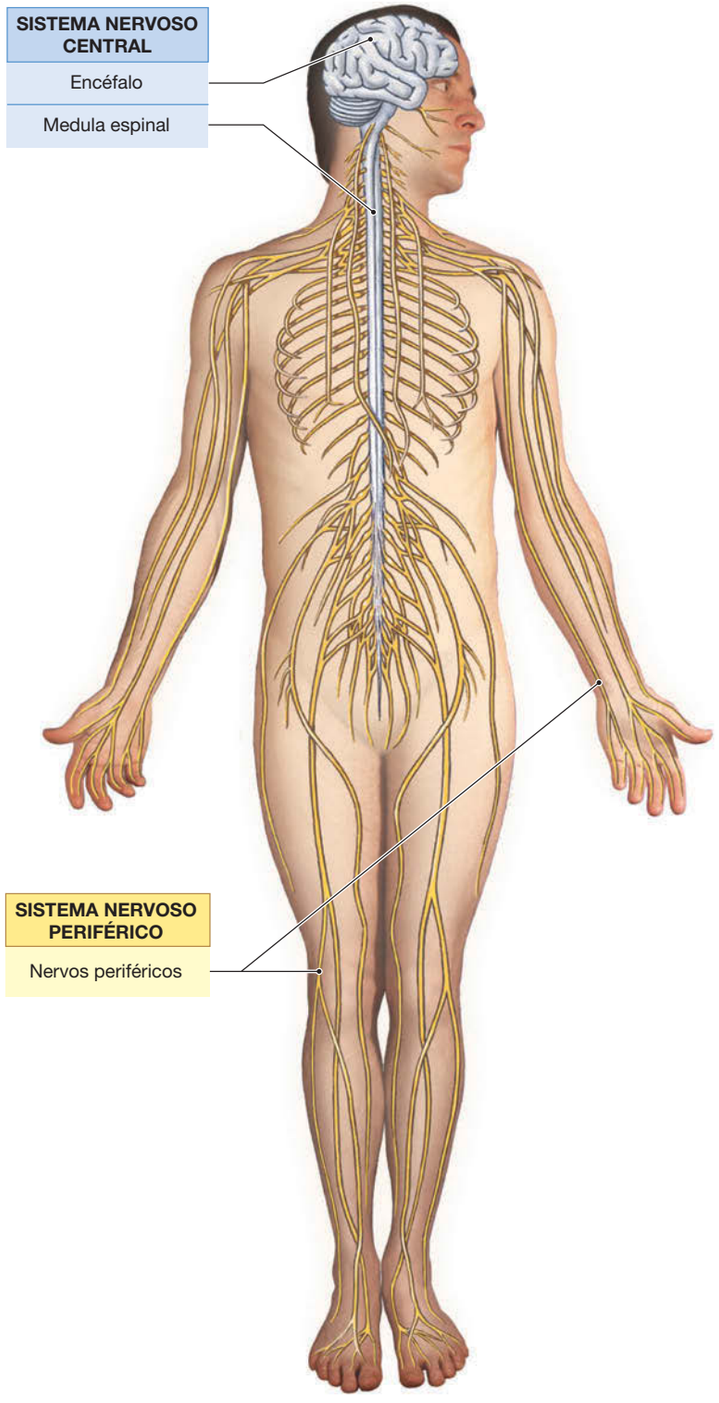


Figura 13.1 O sistema nervoso.
O sistema nervoso inclui todo o tecido nervoso no corpo. Seus componentes incluem o encéfalo, a medula espinal, órgãos dos sentidos – como os olhos e as orelhas – e os nervos que interconectam esses órgãos e ligam o sistema nervoso a outros sistemas.

TABELA 13.1 Glossário anatômico introdutório para o sistema nervoso

PRINCIPAIS DIVISÕES ANATÔMICAS E FUNCIONAIS	
Sistema nervoso central (SNC)	O encéfalo e a medula espinal, que contêm os centros de controle responsáveis pelo processamento e pela integração das funções sensitivas, planejamento e coordenação de respostas, além de oferecer controle a curto prazo sobre as atividades de outros sistemas do corpo.
Sistema nervoso periférico (SNP)	Tecido nervoso fora do SNC, que liga o SNC com órgãos sensitivos e outros sistemas orgânicos.
Sistema nervoso autônomo (SNA)	Componentes do SNC e do SNP que estão relacionados ao controle das funções viscerais.
ANATOMIA MACROSCÓPICA	
Núcleo	Um centro no SNC com limites anatômicos distintos (pág. 357).
Centro	Um grupo de corpos celulares de neurônios no SNC que compartilham uma função comum (pág. 357).
Trato	Um feixe de axônios no SNC que compartilham as mesmas funções, origens e destinações (pág. 357).
Coluna	Um grupo de tratos encontrado em uma região específica da medula espinal (pág. 357).
Vias	Centros e tratos que ligam o encéfalo a outros órgãos e sistemas do corpo (pág. 357).
Gânglios	Um grupo anatomicamente diferenciado de corpos celulares de neurônios motores ou sensitivos no SNP (pág. 346).
Nervo	Um feixe de axônios no SNP (pág. 346).
HISTOLOGIA	
Substância cinzenta	Tecido nervoso onde predominam corpos celulares de neurônios (pág. 345).
Substância branca	Tecido nervoso onde predominam axônios mielínicos (pág. 345).
Córtex nervoso	Uma camada de substância cinzenta na superfície do encéfalo (pág. 357).
Neurônio	A unidade funcional básica do sistema nervoso; uma célula altamente especializada; uma célula nervosa (págs. 341-342).
Neurônio sensitivo	Um neurônio cujos axônios transmitem informação sensitiva desde o SNP até o SNC (pág. 351).
Neurônio motor	Um neurônio cujos axônios transmitem comandos motores desde o SNP até os efetuadores no SNC (pág. 351).
Soma	O corpo celular de um neurônio (pág. 344).
Dendritos	Prolongamentos neuronais especializados para responder a estímulos específicos do espaço extracelular (pág. 344).
Axônio	Um longo e delgado prolongamento de um neurônio; os axônios são capazes de conduzir impulsos nervosos (potenciais de ação) (pág. 344).
Mielina	Um invólucro membranoso produzido por células da glia, que reveste axônios e aumenta a velocidade de propagação do potencial de ação; axônios revestidos por mielina são chamados de *axônios mielínicos* (pág. 345).
Neuróglia ou células da glia	Células de sustentação que interagem com neurônios e regulam o espaço extracelular, possibilitam a defesa contra patógenos e realizam reparos no tecido nervoso (pág. 344).
CATEGORIAS FUNCIONAIS	
Receptor	Uma célula, um dendrito ou órgão especializado que responde a estímulos do espaço extracelular e cuja estimulação altera o nível de atividade em um órgão sensitivo (págs. 341, 351).
Efetuador	Um músculo, glândula, outra célula ou órgão especializado que responde à estimulação nervosa alterando sua atividade e produzindo um efeito específico (pág. 341).
Reflexo	Uma resposta rápida e estereotipada a um estímulo específico.
Somático	Relativo ao controle da atividade muscular esquelética (*motor somático*) ou à informação sensitiva de músculos esqueléticos, tendões e articulações (*sensitivo somático*) (págs. 341, 342, 351).
Visceral	Relativo ao controle de funções, como digestão, circulação, etc. (*motor visceral*) ou à informação sensitiva de vísceras (*sensitivo visceral*) (págs. 342, 351).
Voluntário	Que está diretamente sob controle consciente (pág. 342).
Involuntário	Que não está diretamente sob controle consciente (pág. 342).
Subconsciente	Relativo a centros encefálicos que operam fora do nível de consciência (pág. 342).
Potenciais de ação	Modificações súbitas e transitórias no potencial de membrana, que são propagadas ao longo da superfície de um axônio ou sarcolema (pág. 353).

máticos, que monitoram os músculos esqueléticos, as articulações e a pele; e dos receptores sensitivos **viscerais**, que monitoram outros tecidos como musculatura lisa, músculo cardíaco e glândulas. A divisão aferente também fornece informações advindas de órgãos sensitivos especiais como o olho e a orelha. Já a divisão eferente inclui o **sistema nervoso somático (SNS)**, que controla a contração dos músculos esqueléticos, e o **sistema nervoso autônomo (SNA)**, também chamado de *sistema motor visceral*, que regula a musculatura lisa, o músculo cardíaco e a atividade glandular.

As atividades do sistema nervoso somático podem ser *voluntárias* ou *involuntárias*. Contrações voluntárias dos músculos esqueléticos estão sob controle consciente; por exemplo, o indivíduo exerce controle voluntário sobre os músculos do braço quando leva um copo de água até os lábios. As contrações involuntárias são gerenciadas inconscientemente; por exemplo, se o indivíduo colocar a mão acidentalmente em um forno quente, imediatamente ocorrerá a pronta retirada do membro afetado, em geral antes mesmo que ele possa se dar conta da dor. As atividades do sistema nervoso autônomo costumam ocorrer sem que tenhamos consciência ou controle.

Os órgãos do SNC e do SNP são complexos, com numerosos vasos sangüíneos e camadas de tecido conectivo que conferem proteção física e sustentação mecânica. Ainda assim, todas as variadas e essenciais funções do sistema nervoso são realizadas por neurônios individuais que precisam ser mantidos em segurança, protegidos e completamente funcionais. Nossa discussão sobre o sistema nervoso começará no nível celular, com a histologia do tecido nervoso.

A organização celular do tecido nervoso [Figura 13.3]

O tecido nervoso contém dois tipos de células: as células nervosas, ou *neurônios*, e as células de sustentação, ou *neuróglia*. Os **neurônios** (*neuro,*

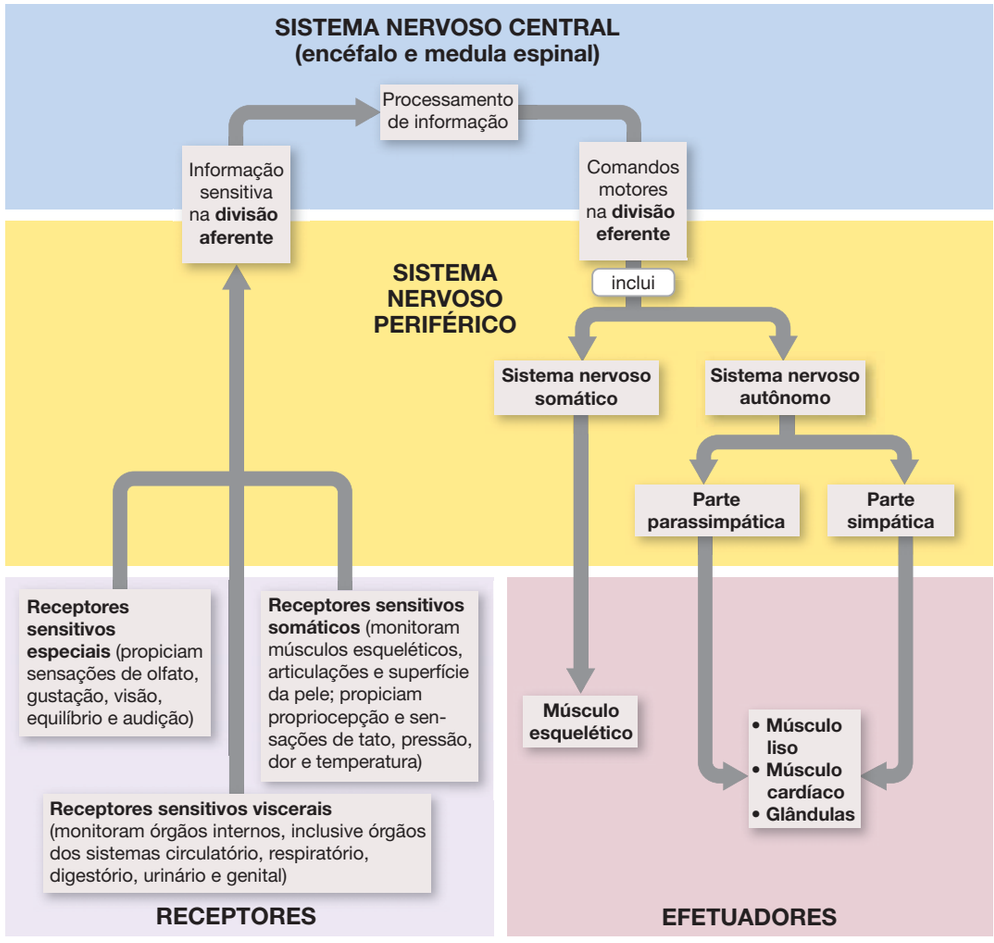


Figura 13.2 Uma visão geral funcional do sistema nervoso.
Este diagrama mostra a relação entre o SNC e o SNP, bem como os componentes e as funções das divisões aferentes e eferentes.

Nota clínica

Os sintomas das doenças neurológicas Quando os mecanismos que regulam a homeostase são interrompidos por fatores genéticos ou ambientais, infecções ou trauma, surgem os sintomas de doenças neurológicas. Como o sistema nervoso apresenta funções variadas e complexas, os sintomas de alterações neurológicas são igualmente diversos:

- As cefaléias (dores de cabeça) parecem ser uma experiência universal, com 70% da população relatando ao menos um episódio por ano. Quase todos os indivíduos apresentaram um episódio de dor de cabeça em algum momento da vida. Muitas cefaléias não exigem uma consulta com um neurologista. A maioria delas são *cefaléias tensionais*, com dor moderada, sensação de pressão ou constrição, característica difusa e supostamente relacionadas à tensão muscular, por exemplo, dos músculos da região cervical. A deflagração das cefaléias tensionais provavelmente envolve uma combinação de fatores, mas a contração constante da musculatura da região cervical e facial está comumente envolvida. As cefaléias tensionais podem perdurar por dias ou podem ocorrer diariamente por períodos de tempo mais prolongados. Algumas cefaléias tensionais podem acompanhar depressão grave ou ansiedade. As cefaléias tensionais não apresentam as características associadas que definem as *enxaquecas* (*migrânia*): latejamento, freqüentemente dor intensa unilateral, sensibilidade à luz, náusea e vômito. As enxaquecas apresentam causas neurológicas e circulatórias. Estas doenças raramente estão associadas com problemas que impõem risco de vida. Outros tipos de cefaléia podem surgir secundariamente aos seguintes problemas:

1. Doenças do SNC, como infecções (meningite, encefalite ou raiva) ou tumores encefálicos
2. Trauma, como um golpe na cabeça
3. Doenças do sistema circulatório, como um acidente vascular encefálico
4. Doenças metabólicas, como hipoglicemia (níveis baixos de açúcar no sangue)

- **Fraqueza muscular.** A fraqueza muscular pode ter uma causa neurológica subjacente. Ao examinar o paciente, deve-se procurar determinar a causa primária do sintoma para que se possa selecionar o tipo de tratamento mais efetivo. Miopatias (doenças musculares) devem ser diferenciadas de doenças neurológicas, como doenças desmielinizantes, disfunções nas sinapses neuromusculares e lesão de nervo periférico.
- **Parestesias.** Perda da sensibilidade, sensações de dormência ou de formigamento podem se desenvolver após lesão de (1) um nervo sensitivo (craniano ou espinal) ou (2) vias sensitivas no sistema nervoso central (SNC). Os efeitos podem ser temporários ou permanentes. Por exemplo, a *paresia por pressão* pode durar alguns minutos, enquanto a parestesia desenvolvida distalmente a uma região gravemente lesada da medula espinal provavelmente será permanente.

nervo) são responsáveis pela transferência e pelo processamento da informação no sistema nervoso. A estrutura do neurônio foi apresentada no Capítulo 3. pág. 77 Um neurônio típico (Figura 13.3) apresenta um **corpo celular**, ou *soma*. A região em torno do núcleo é denominada **pericário** (*karyon*, núcleo). O corpo celular geralmente tem diversas ramificações, ou **dendritos**. Dendritos típicos são altamente ramificados, e cada ramo apresenta projeções delgadas denominadas *espinhas dendríticas*. No SNC, um neurônio recebe informação de outros neurônios primordialmente nas **espinhas dendríticas**, que representam 80 a 90% da área de superfície total do neurônio.

O corpo da célula é ligado a um **axônio** alongado que termina em uma ou mais **terminações sinápticas**. Em cada terminação sináptica, o neurônio se comunica com outra célula. O corpo celular contém as organelas responsáveis pela produção de energia e pela biossíntese de moléculas orgânicas, como as enzimas.

Células de sustentação, ou **neuróglia** (*glia*, cola), isolam os neurônios, fornecem uma estrutura de sustentação ao tecido nervoso, contribuem para a manutenção do espaço intercelular e atuam como fagócitos. O tecido nervoso do corpo contém cerca de 100 bilhões de células da neuróglia, ou **células da glia**, o que corresponde a um número aproximadamente cinco vezes maior do que o de neurônios. As células da glia são menores que os neurônios e preservam a capacidade de divisão, capacidade esta que é perdida pela maioria dos neurônios. Coletivamente, a neuróglia é responsável por cerca de metade do volume do sistema nervoso. Há diferenças organizacionais significativas entre o tecido nervoso do SNC e o do SNP, principalmente em função de diferenças na população de células da glia.

Neuróglia [Figura 13.4]

A maior variedade de células da glia é encontrada no interior do sistema nervoso central. A Figura 13.4 compara as funções das principais populações de células da glia tanto no SNC quanto no SNP.

Neuróglia do SNC [Figuras 13.4 a 13.6]

Quatro tipos de células da glia são encontrados no sistema nervoso central: *astrócitos*, *oligodendrócitos*, *micróglia* e *células ependimais*. Esses tipos de célula podem ser diferenciados pelo tamanho, pela organização intracelular e pela presença de prolongamentos citoplasmáticos específicos (Figuras 13.4 a 13.6).

Astrócitos [Figuras 13.4/13.5] Os **astrócitos** (*astro*, estrela + *cytos*, célula) são as maiores e mais numerosas células da glia (Figuras 13.4 e 13.5). Os astrócitos apresentam uma variedade de funções, mas muitas delas ainda são pouco compreendidas. As funções deste tipo celular podem ser resumidas da seguinte maneira:

- **Controle do espaço intersticial:** Estruturalmente, os astrócitos têm um grande número de prolongamentos citoplasmáticos. Esses prolongamentos aumentam significativamente a área de superfície celular, o que facilita a troca de íons e outras moléculas com o líquido extracelular do SNC. Este mecanismo de troca permite que os astrócitos controlem a composição química do espaço intersticial do SNC. Esses prolongamentos citoplasmáticos também fazem contato com superfícies neuronais, freqüentemente encapsulando todo o neurônio. Estas cápsulas isolam os neurônios e os protegem das mudanças na composição química do espaço intersticial no interior do SNC.
- **Manutenção da barreira hemato-encefálica:** O tecido nervoso precisa ser isolado física e bioquimicamente da circulação geral porque hormônios e outras substâncias químicas normalmente presentes no sangue podem interferir e alterar a função neuronal. As células endoteliais que revestem os capilares do SNC têm características de permeabilidade bastante restritas, as quais controlam a troca química entre o sangue e o líquido intersticial. Elas são responsáveis pela **barreira hemato-encefálica** (BHE), que isola o SNC da circulação geral. Muitos dos prolongamentos citoplasmáticos dos astrócitos, chamados de "pés vasculares", entram em contato e recobrem a superfície dos capilares dentro do sistema nervoso central. Este revestimento citoplasmático ao redor dos capilares é interrompido apenas nos locais onde outras células da glia entram em contato com as paredes dos capilares. Substâncias químicas secretadas pelos astrócitos são essenciais para a *manutenção da barreira hemato-encefálica*. (A barreira hemato-encefálica será discutida posteriormente no Capítulo 15.)
- **Criação de uma estrutura tridimensional para o SNC:** Os astrócitos são agrupados com microfilamentos que se estendem atravessando a largura da célula. Este reforço confere resistência mecânica; assim, os astrócitos constituem uma estrutura de sustentação para os neurônios do encéfalo e da medula espinal.

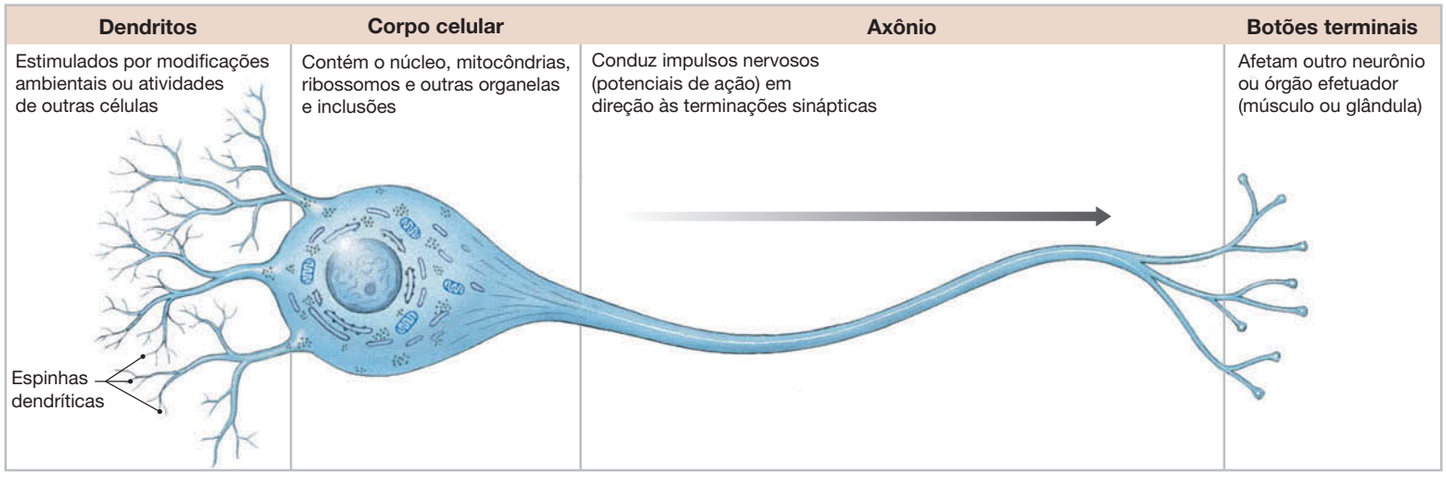


Figura 13.3 Uma revisão da estrutura neuronal.
A relação entre as quatro partes de um neurônio (dendritos, corpo celular, axônio e terminações sinápticas); as atividades funcionais de cada parte e a direção de condução normal do potencial de ação estão representadas.

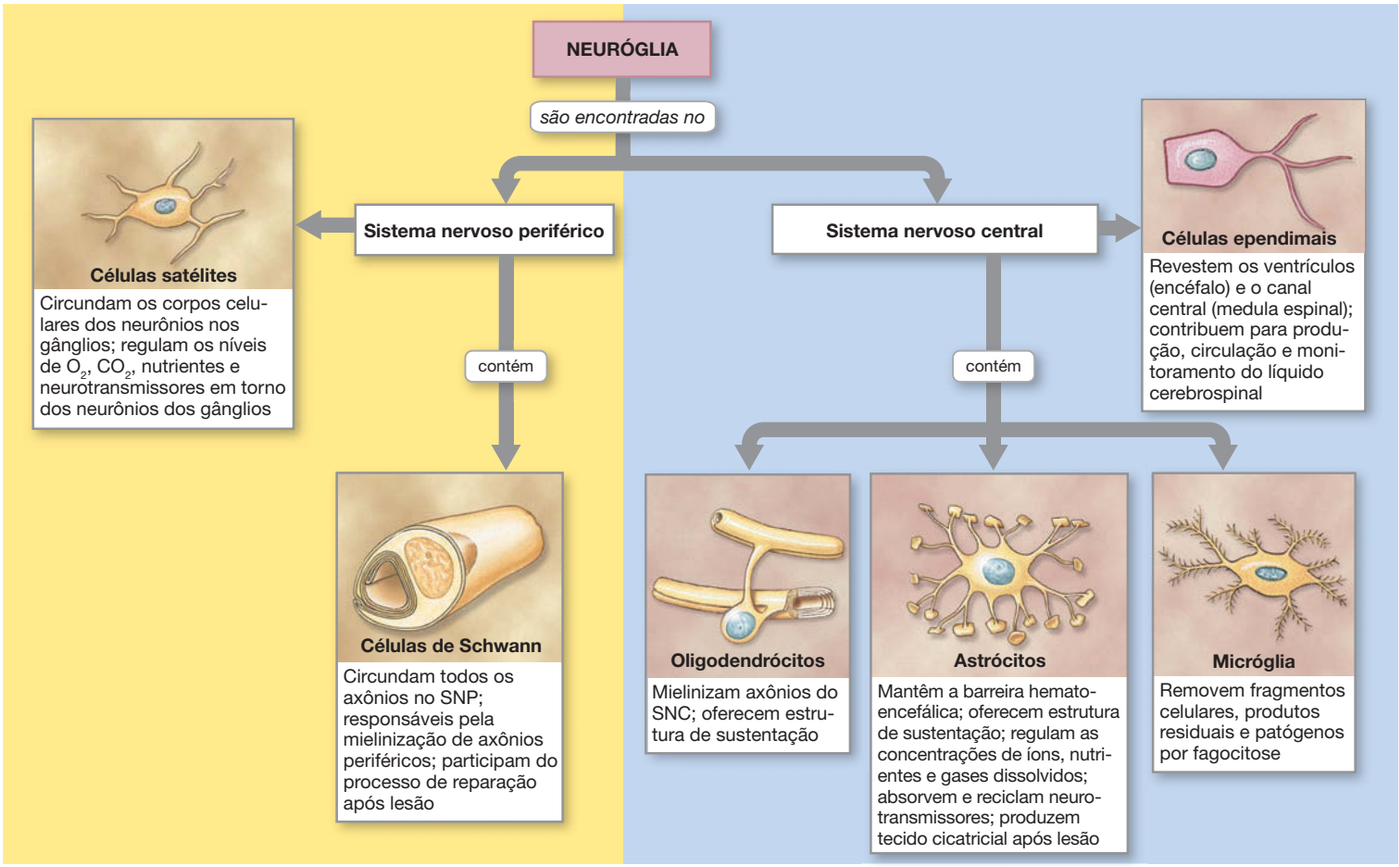


Figura 13.4 A classificação da neuróglia.
As categorias e funções dos vários tipos de células da glia encontram-se resumidas neste fluxograma.

- **Realização de reparos no tecido nervoso danificado:** Após lesão do sistema nervoso central, os astrócitos realizam reparos estruturais que estabilizam o tecido e previnem novos danos ao produzir tecido cicatricial no local da lesão.
- **Direcionamento do desenvolvimento do neurônio:** No encéfalo embrionário, os astrócitos parecem estar envolvidos no direcionamento do crescimento e na interconexão dos neurônios em desenvolvimento por meio da secreção de substâncias químicas denominadas *fatores neurotrópicos.*

Oligodendrócitos [Figuras 13.4/13.5] Um segundo tipo de célula encontrada dentro do SNC é o **oligodendrócito** (oligo, *pouco).* Esta célula se assemelha ao astrócito apenas no que diz respeito às suas extensões citoplasmáticas alongadas. Entretanto, os oligodendrócitos apresentam menor corpo celular, além de prolongamentos citoplasmáticos mais curtos e mais raros (Figuras 13.4 e 13.5). Os prolongamentos dos oligodendrócitos geralmente fazem contato com axônios ou corpos celulares de neurônios; além disso, esses prolongamentos unem grupamentos de axônios e melhoram o desempenho funcional dos neurônios ao envolvê-los em *mielina,* uma substância com propriedades isolantes. As funções dos prolongamentos que terminam nos corpos celulares ainda não foram determinadas.

Muitos axônios no SNC são completamente recobertos por prolongamentos de oligodendrócitos. Próximo da extremidade de cada prolongamento, a membrana citoplasmática se expande para formar uma placa macia plana que envolve o axônio (Figura 13.5). Isso cria uma bainha composta de múltiplas camadas de membranas, constituída principalmente por fosfolipídeos. Este revestimento membranáceo é denominado **mielina**, e o axônio é considerado **mielínico**. A mielina aumenta a velocidade com que o potencial de ação, ou *impulso nervoso*, é conduzido ao longo do axônio. Nem todos os axônios do SNC são mielínicos. No SNC, os axônios **amielínicos** podem ser incompletamente recobertos por prolongamentos dos oligodendrócitos.

Muitos oligodendrócitos contribuem para a formação da bainha de mielina ao longo da extensão total de um axônio mielínico. As áreas relativamente grandes envoltas de mielina são denominadas **internodos** (*inter*, entre). Pequenos "espaçamentos", denominados **soluções de continuidade da bainha de mielina**, ou *nós de Ranvier*, existem entre as bainhas de mielina produzidas por oligodendrócitos adjacentes. Quando dissecados, axônios mielínicos apresentam uma aparência branca e brilhante principalmente devido à presença de lipídeos. Regiões dominadas por axônios mielínicos constituem a **substância branca** do SNC. Já regiões dominadas por corpos celulares de neurônios, dendritos e axônios amielínicos são chamadas de **substância cinzenta** devido à sua coloração acinzentada.

Micróglia [Figuras 13.4/13.5] As menores células da glia possuem prolongamentos citoplasmáticos alongados e delgados, com muitos ramos delicados (Figuras 13.4 e 13.5). Estas células, denominadas **micróglia**, aparecem cedo no desenvolvimento embrionário através da divisão das células-tronco da mesoderme. As células-tronco que produzem a micróglia estão relacionadas àquelas que produzem macrófagos e monócitos no sangue. As células da micróglia migram para o interior do SNC à medida que este se desenvolve, e daí em diante permanecem dentro do tecido nervoso, agindo como uma força de segurança itinerante. As células da micróglia são os fagócitos do SNC, fagocitando elementos celulares não-funcionais, produtos residuais e patógenos. Em casos de infecções ou lesões, o número de micróglia aumenta drasticamente. Por volta de 5% das

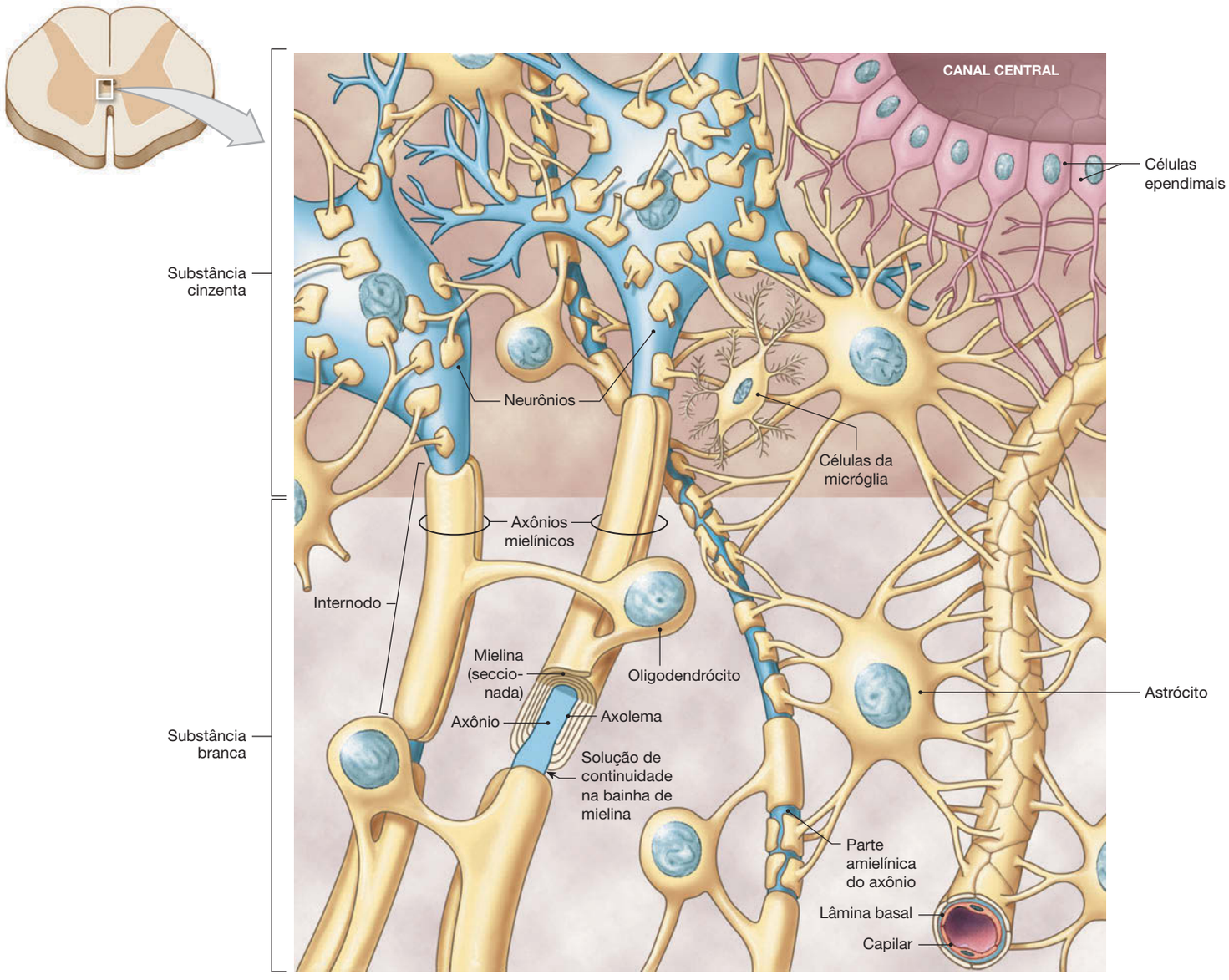


Figura 13.5 Histologia do tecido nervoso no SNC.
Vista diagramática do tecido nervoso na medula espinal, mostrando as relações entre neurônios e células da glia.

células da glia do SNC são micróglias, mas durante episódios de infecção esta porcentagem também aumenta drasticamente.

Células ependimais [Figuras 13.4/13.5/13.6] Os ventrículos do encéfalo e o canal central da medula espinal são revestidos por uma camada celular denominada **epêndima** (Figuras 13.4 e 13.5). Estas câmaras e passagens são cheias de **líquido cerebrospinal (LC)**. Esse líquido, que também banha o encéfalo e a medula espinal, proporciona amortecimento que protege contra impactos mecânicos, além de transportar gases dissolvidos, nutrientes, produtos residuais e outras substâncias. A composição, a formação e a circulação do líquido cerebrospinal serão discutidas no Capítulo 15.

As **células ependimais** apresentam formato cubóide ou colunar. Diferentemente de células epiteliais típicas, as células ependimais apresentam prolongamentos alongados que se ramificam extensivamente e fazem contato direto com células da glia no tecido nervoso circundante (Figura 13.6a). Evidências experimentais sugerem que as células ependimais podem agir como receptores que monitoram a composição do LC. Durante o desenvolvimento e no início da infância, as superfícies livres das células ependimais são recobertas por cílios. No adulto, os cílios podem persistir nas células ependimais que revestem os ventrículos cerebrais (Figura 13.6b), mas o epêndima de outros locais apresenta apenas microvilosidades esparsas. As células ependimais ciliadas podem auxiliar na circulação do LC. Dentro dos ventrículos, células ependimais especializadas participam da secreção do líquido cerebrospinal.

Neuróglia do SNP

Os corpos celulares dos neurônios no SNP são normalmente agrupados em massas denominadas **gânglios**. Os axônios também são agrupados e envoltos em tecido conectivo, formando **nervos periféricos**, ou simplesmente *nervos*. Todos os corpos celulares dos neurônios e os axônios do SNP são completamente isolados do seu ambiente circundante por prolongamentos de células da glia. Os dois tipos de células da glia envolvidos são *células satélites* e *células de Schwann*.

Células satélites [Figura 13.7] Os corpos celulares dos neurônios dos gânglios periféricos são cercados por **células satélites** (Figura 13.7). As

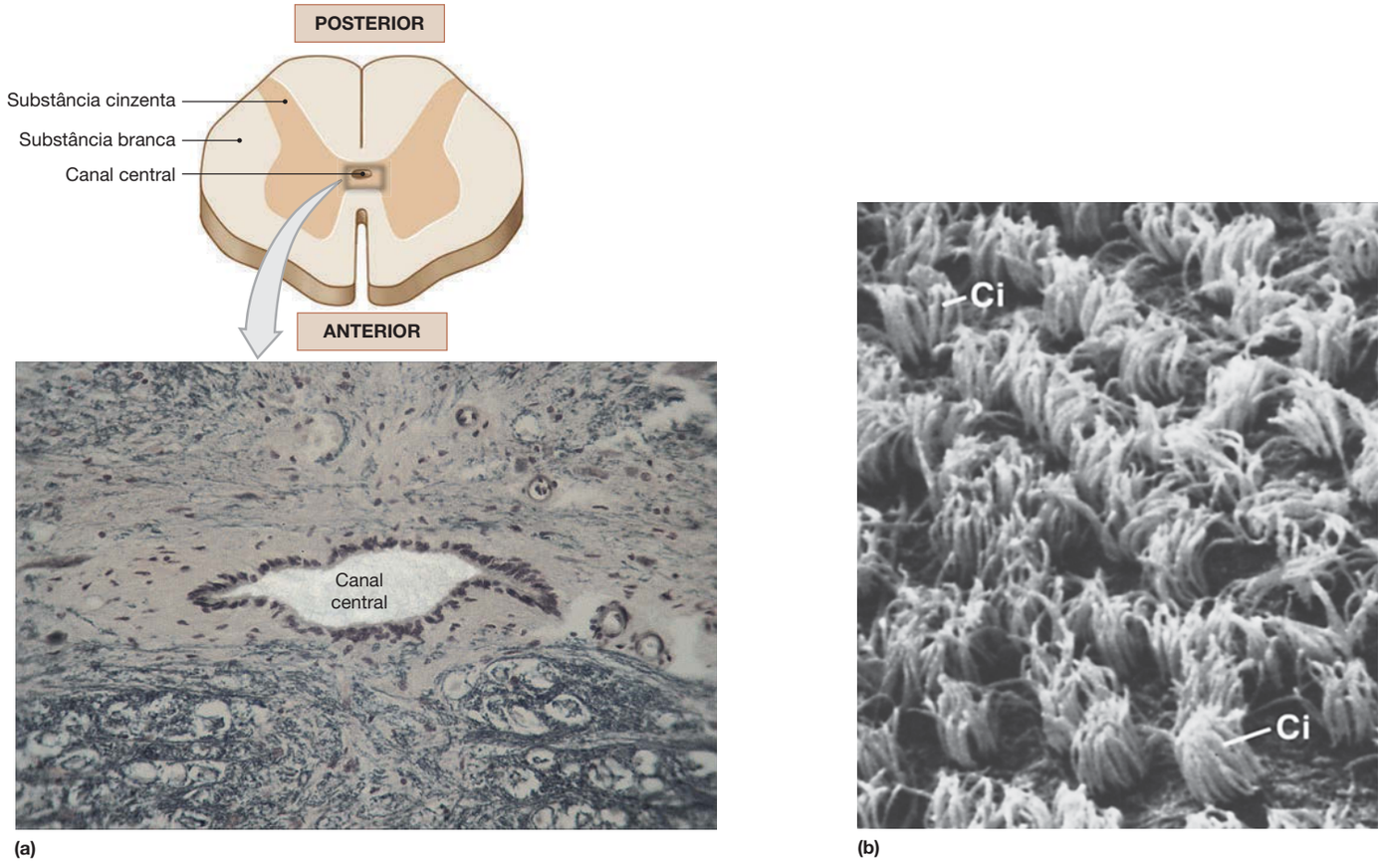


Figura 13.6 O epêndima.
O epêndima é uma camada celular que reveste os ventrículos do encéfalo e o canal central da medula espinal. **(a)** Micrografia de luz mostrando o revestimento ependimal do canal central. (ML x 257) A vista diagramática da organização ependimal é baseada em informações oferecidas pela microscopia eletrônica. **(b)** Uma micrografia eletrônica de varredura de uma superfície ciliada do epêndima de um dos ventrículos. (Ci = cílios; MEV x 1.825). [*© R.G. Kessel e R.H. Kardon, "Tissues and Organs: A Text-Atlas of Scanning Electron Microscopy," W.H. Freeman & Co., 1979. Todos os direitos reservados*.]

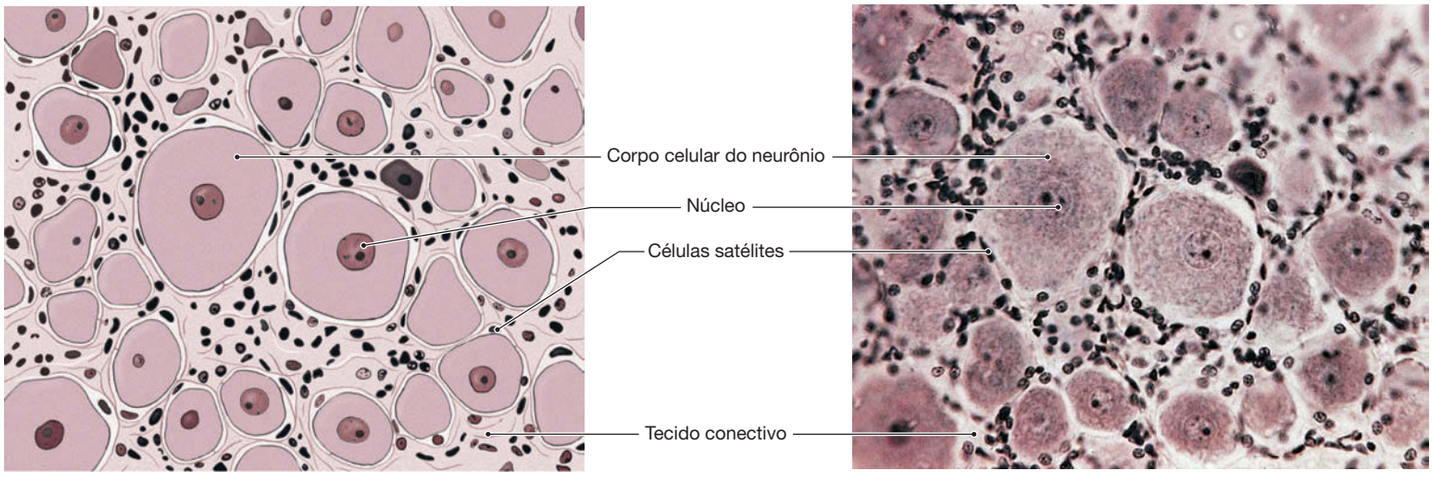


Figura 13.7 Células satélites e neurônios periféricos.
Células satélites circundam os corpos celulares de neurônios em gânglios periféricos. (ML x 20).

células satélites regulam a troca de nutrientes e produtos residuais entre o corpo celular do neurônio e o líquido extracelular. Elas também contribuem para o isolamento do neurônio de quaisquer outros estímulos que não sejam aqueles localizados nas sinapses.

Células de Schwann [Figuras 13.4/13.8] Cada axônio periférico, seja ele mielínico ou amielínico, é recoberto por **células de Schwann**, ou *lemócitos*. A membrana citoplasmática de um axônio é chamada de **axolema** (*lema*, casca); a cobertura citoplasmática superficial propicia-

da pelas células de Schwann é conhecida como **neurilema**. A relação física entre uma célula de Schwann e um axônio periférico mielínico difere daquela existente entre um oligodendrócito e um axônio mielínico do SNC. Uma célula de Schwann pode mielinizar apenas aproximadamente 1 mm ao longo do comprimento de um único axônio. Em contrapartida, um oligodendrócito pode mielinizar porções de diversos axônios (compare as células de Schwann, **Figura 13.8a**, com oligodendrócitos, **Figura 13.5**, pág. 346). Apesar da diferença no mecanismo de mielinização, os axônios mielínicos tanto no SNC como no SNP apresentam soluções de continuidade e internodos nas bainhas de mielina, e a presença de mielina – independentemente de como é formada – aumenta a velocidade de condução do impulso nervoso. Os axônios amielínicos também são encapsulados por prolongamentos das células de Schwann, porém esta relação é simples e não forma mielina. Uma única célula de Schwann circunda diversos tipos de axônios amielínicos, como indica a **Figura 13.8b**.

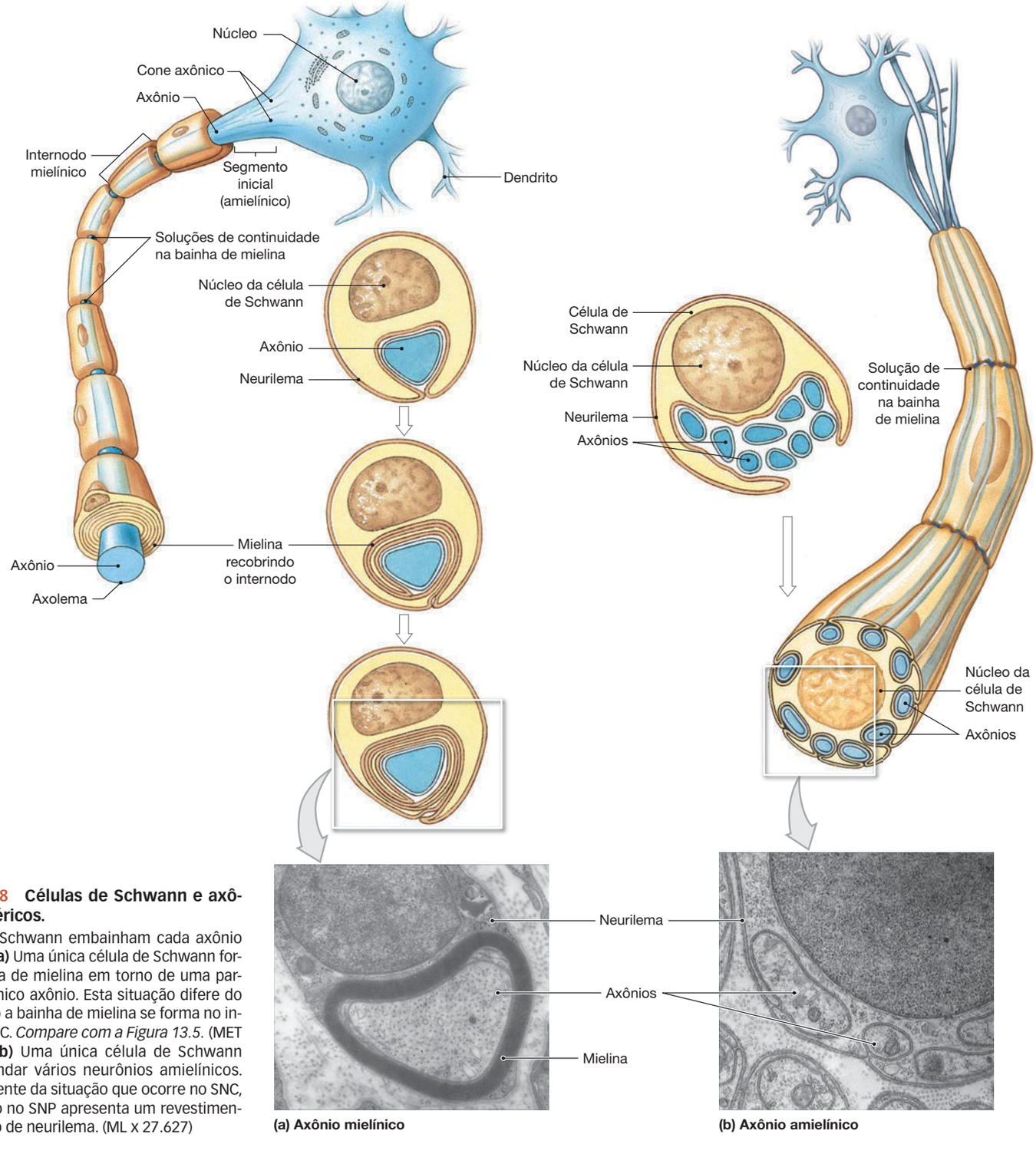
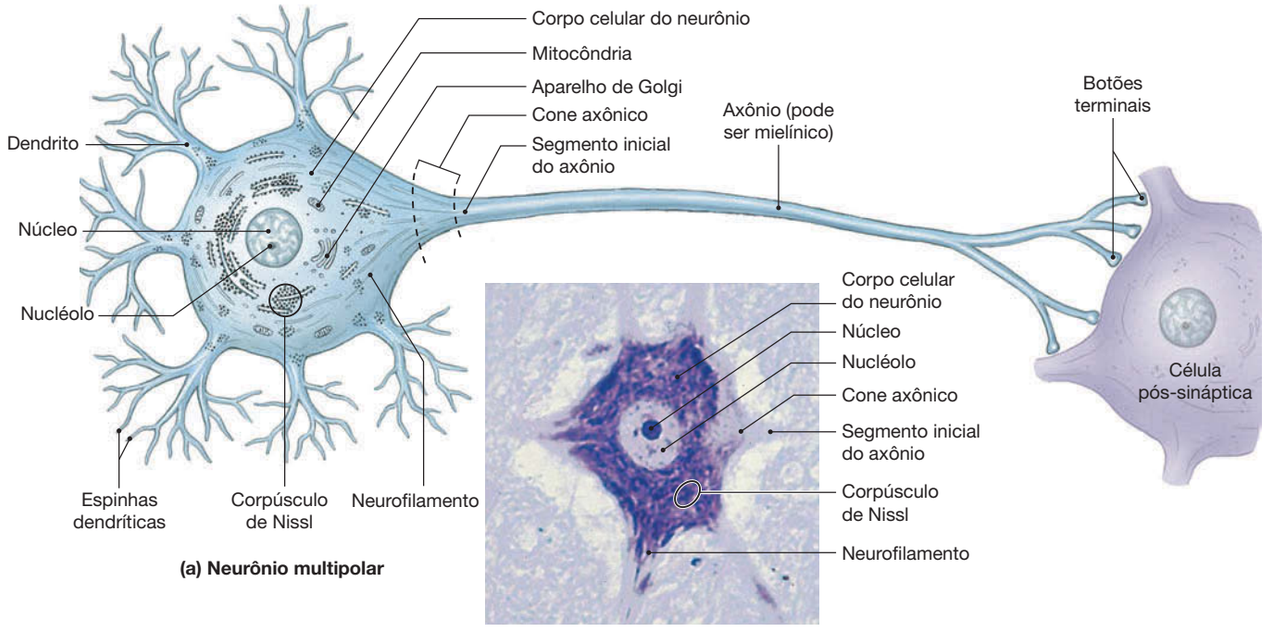


Figura 13.8 Células de Schwann e axônios periféricos.
Células de Schwann embainham cada axônio periférico. **(a)** Uma única célula de Schwann forma a bainha de mielina em torno de uma parte de um único axônio. Esta situação difere do modo como a bainha de mielina se forma no interior do SNC. *Compare com a Figura 13.5.* (MET x 20.603) **(b)** Uma única célula de Schwann pode circundar vários neurônios amielínicos. Diferentemente da situação que ocorre no SNC, cada axônio no SNP apresenta um revestimento completo de neurilema. (ML x 27.627)



(a) Neurônio multipolar

REVISÃO DOS CONCEITOS

1. Identifique as duas subdivisões anatômicas do sistema nervoso.
2. Quais são os dois termos utilizados para fazer referência às células de sustentação do tecido nervoso?
3. Especificamente, quais células ajudam a manter a barreira hemato-encefálica?
4. Qual é o nome da cobertura membranácea formada ao redor dos axônios pelos oligodendrócitos?
5. Identifique as células do sistema nervoso periférico que constituem a cobertura situada ao redor dos axônios.

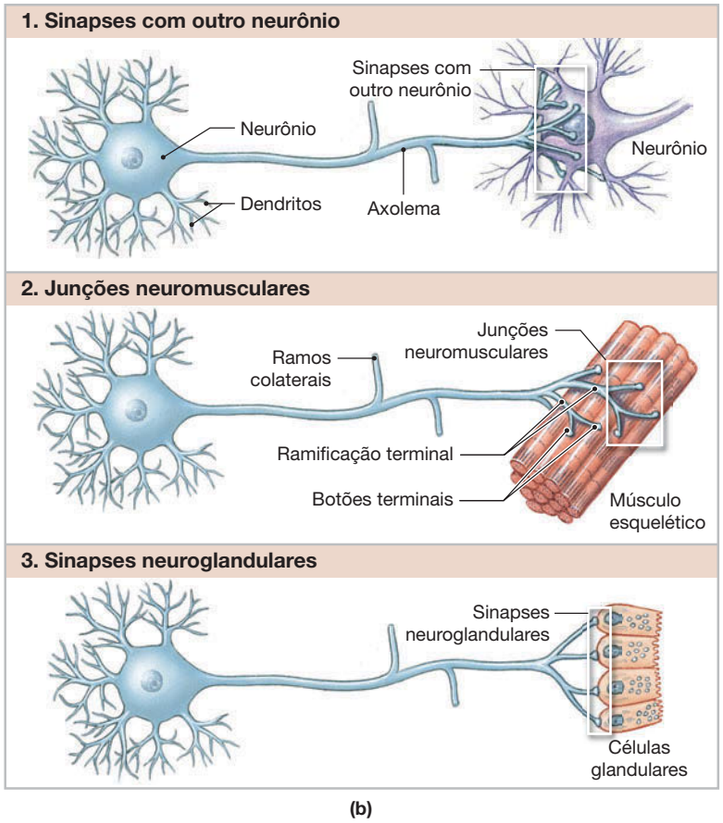
Veja a seção de Respostas na parte final do livro.

Neurônios [Figura 13.9]

O corpo celular de um neurônio típico contém um núcleo relativamente grande e arredondado com um nucléolo proeminente (Figura 13.9a). O citoplasma circundante constitui o *pericário* (*karyon*, núcleo). O citoesqueleto do pericário contém **neurofilamentos** e **microtúbulos**. Feixes de neurofilamentos, denominados **neurofibrilas**, são elementos citoesqueléticos que se estendem no interior dos dendritos e do axônio.

O pericário contém organelas que fornecem energia e realizam atividades de biossíntese. As numerosas mitocôndrias, os ribossomos livres e fixados e as membranas de retículo endoplasmático rugoso (RER) conferem ao pericário uma aparência rústica e granular. As mitocôndrias geram ATP para suprir a alta demanda de energia de um neurônio ativo. Os ribossomos e o RER sintetizam peptídeos e proteínas. Grupos de ribossomos livres e fixados estão presentes em grande número. Estes grupamentos ribossômicos são denominados *corpúsculos de Nissl* ou *corpúsculos tigróides*. Eles são responsáveis pela coloração cinza das áreas que contêm corpos celulares de neurônios – a *substância cinzenta* vista na dissecação macroscópica do encéfalo ou da medula espinal.

A maioria dos neurônios não possui o complexo de *centrossomos*. ∞ págs. 36-37 Em outras células, os centríolos do centrossomo formam fibras do fuso que movimentam os cromossomos durante a divisão celular. Os neurônios geralmente perdem seus centríolos durante a



(b)

Figura 13.9 Anatomia de um neurônio típico.
Um neurônio apresenta um corpo celular (soma), alguns dendritos ramificados e um único axônio. **(a)** Organização diagramática do neurônio. (ML x 1.600) **(b)** Um neurônio pode inervar (1) outros neurônios, (2) fibras musculares esqueléticas ou (3) células glandulares. As sinapses são indicadas pelos retângulos para cada exemplo. Um único neurônio não inervaria todos os três.

diferenciação, tornando-se incapazes de realizar divisão celular. Se estes neurônios especializados são posteriormente perdidos por lesão ou doença, não podem ser substituídos.

A permeabilidade da membrana citoplasmática dos dendritos e do corpo celular pode ser alterada por exposição a estímulos químicos, mecânicos ou elétricos. Uma das funções primárias das células da glia é limitar o número de tipos de estímulos que atuam sobre neurônios individuais. Os prolongamentos de células da glia cobrem a maior parte da superfície do corpo celular e dos dendritos, exceto onde existem terminais sinápticos ou onde dendritos agem como receptores sensitivos, monitorando condições do espaço extracelular. A exposição a estímulos apropriados pode gerar uma variação localizada do potencial transmembrana e gerar um potencial de ação no axônio. O *potencial transmembrana* é a propriedade resultante da distribuição desigual de íons através da membrana citoplasmática. Examinaremos potenciais transmembrana e potenciais de ação posteriormente neste capítulo.

Um axônio, ou *neurofibra (fibra nervosa)*, é um prolongamento citoplasmático longo capaz de propagar um potencial de ação. Em um neurônio multipolar, uma região especializada, denominada **cone axônico**, conecta o **segmento inicial** do axônio ao corpo. O **axoplasma**, ou citoplasma do axônio, contém neurofibrilas, microtúbulos, numerosas e pequenas vesículas, lisossomos, mitocôndrias e várias enzimas. Um axônio pode se ramificar ao longo de sua extensão, produzindo ramos laterais chamados de **colaterais**. O tronco principal e os colaterais terminam em uma série de delicadas extensões terminais, chamadas de **ramificações terminais** ou *telodendros* (*telo*, fim + *dendron*, árvore) (Figura 13.9b). As ramificações terminais estendem-se até uma **terminação sináptica**, onde um neurônio faz contato com outro neurônio ou órgão efetuador. O *transporte axônico* (fluxo axoplasmático) é o movimento de organelas, nutrientes, moléculas sintetizadas e produtos residuais entre o corpo celular e as terminações sinápticas. Este é um processo complexo que consome energia e depende do movimento ao longo das neurofibrilas do axônio e suas ramificações.

Cada terminação sináptica é parte de uma **sinapse**, um local especializado onde um neurônio se comunica com outra célula (Figura 13.9b). A estrutura da terminação sináptica varia com o tipo de célula pós-sináptica. Um **botão terminal** arredondado, ou *botão sináptico*, relativamente simples, é encontrado onde um neurônio faz sinapse com outro. A terminação sináptica encontrada em uma *sinapse neuromuscular*, ou *junção neuromuscular* (mioneural), onde um neurônio entra em contato com uma fibra muscular esquelética, é muito mais complexa. ∞ págs. 239, 246 A comunicação sináptica na maioria das vezes envolve a liberação de substâncias químicas específicas denominadas **neurotransmissores**. A liberação dessas substâncias químicas é deflagrada pela chegada do impulso nervoso; detalhes adicionais serão fornecidos posteriormente.

A classificação dos neurônios

Os bilhões de células no sistema nervoso apresentam formatos bastante variados. A classificação dos neurônios pode ser baseada em (1) estrutura e (2) função.

Classificação estrutural dos neurônios [Figura 13.10] A classificação estrutural baseia-se no número de prolongamentos que se projetam a partir do corpo celular (Figura 13.10).

- Os **neurônios apolares** são pequenos, e não existem características anatômicas diferenciais que distingam dendritos de axônios (Figura 13.10a). Os neurônios apolares são encontrados apenas no SNC e em órgãos sensitivos especiais, e suas funções ainda são pouco compreendidas.
- Os **neurônios bipolares** apresentam delicados dendritos que se fundem para formar um único dendrito. O corpo celular situa-se entre esse dendrito e um único axônio (Figura 13.10b). Os neurônios bipolares são relativamente raros, mas desempenham uma im-

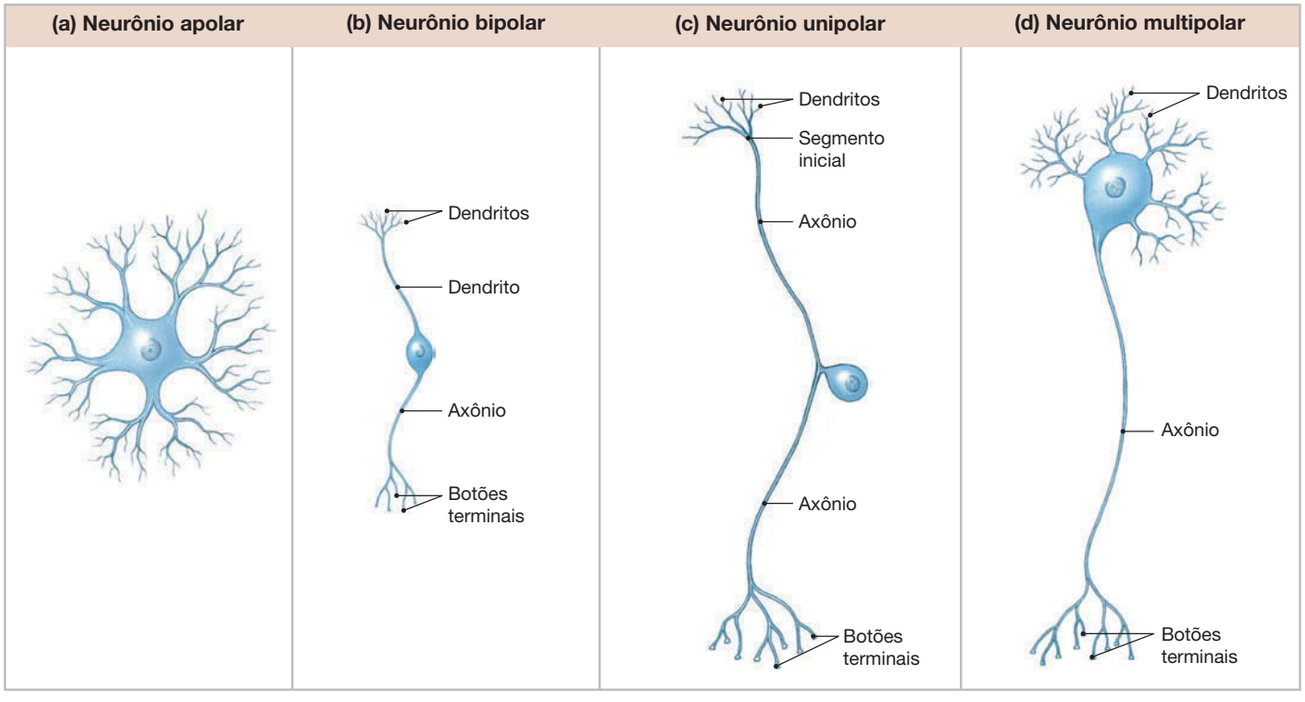


Figura 13.10 Uma classificação estrutural dos neurônios.
Esta classificação baseia-se na disposição do corpo celular e no número de prolongamentos associados. **(a)** Neurônios apolares apresentam mais de dois prolongamentos, mas os axônios não são diferenciáveis dos dendritos. **(b)** Neurônios bipolares apresentam dois prolongamentos separados pelo corpo celular. **(c)** Neurônios unipolares apresentam um único prolongamento alongado, com o corpo celular situado em um dos lados. **(d)** Neurônios multipolares apresentam mais de dois processos; há um único axônio e múltiplos dendritos.

portante função na transmissão de informações sensitivas relacionadas à visão, ao olfato e à audição. Seus axônios são amielínicos.

- Os **neurônios unipolares** apresentam dendritos contínuos e prolongamentos axonais, e o corpo celular situa-se em um dos lados do neurônio. Nesses neurônios, o segmento inicial situa-se na base dos ramos dendríticos (Figura 13.10c), e os demais prolongamentos são considerados como um axônio, com base em fundamentos tanto de ordem estrutural quanto funcional. Neurônios sensitivos do sistema nervoso periférico geralmente são unipolares, e seus axônios podem ser mielínicos.
- Os **neurônios multipolares** apresentam vários dendritos e um único axônio que pode apresentar uma ou mais ramificações (Figura 10.13d). Os neurônios multipolares são o tipo mais comum de neurônios no SNC. Por exemplo, todos os neurônios motores que controlam os músculos esqueléticos são neurônios multipolares com axônios mielínicos.

Classificação funcional dos neurônios [Figura 13.11] Os neurônios podem ser classificados em três grupos funcionais: (1) *neurônios sensitivos*, (2) *neurônios motores* e (3) *interneurônios*. Suas relações estão esquematizadas na Figura 13.11.

Quase todos os **neurônios sensitivos** são neurônios unipolares, com seus corpos celulares localizados fora do SNC em gânglios sensitivos periféricos. Eles constituem a *divisão aferente* do SNP. Sua função é conduzir informação ao SNC. Os axônios dos neurônios sensitivos, denominados **fibras aferentes**, se estendem entre um receptor sensitivo e a medula espinal ou o encéfalo. Os neurônios sensitivos captam informações relacionadas ao ambiente externo ou interno. Existem aproximadamente 10 milhões de neurônios sensitivos. Os **neurônios sensitivos somáticos** transmitem informações sobre o ambiente externo e nossa posição em relação a ele. Os **neurônios sensitivos viscerais** transmitem informações sobre as condições internas e o estado de outros sistemas orgânicos.

Receptores tanto podem ser prolongamentos de neurônios sensitivos especializados quanto células monitoradas por neurônios sensitivos. Os receptores são classificados conforme segue:

- Os **exteroceptores** (*extero*, fora) transmitem informações sobre o meio externo na forma de sensações de tato, temperatura, pressão e *sentidos especiais* mais complexos, como visão, olfato e audição.
- Os **proprioceptores** monitoram a posição e o movimento dos músculos esqueléticos e das articulações.
- Os **interoceptores** (*intero*, dentro) monitoram os sistemas digestório, respiratório, circulatório, urinário e genital, propiciando sensações de pressão profunda e dor, assim como a gustação, outro sentido especial.

Informações oferecidas por exteroceptores e proprioceptores são transmitidas por neurônios sensitivos somáticos. Informações interoceptivas são transmitidas por neurônios sensitivos viscerais.

Neurônios multipolares que formam a divisão eferente do sistema nervoso são denominados **neurônios motores**. Um neurônio motor estimula ou modifica a atividade de um tecido periférico, órgão ou sistema orgânico. Aproximadamente meio milhão de neurônios motores são encontrados no corpo. Axônios que partem do SNC são chamados de **fibras eferentes**. As duas divisões eferentes do SNP – o sistema nervoso somático (SNS) e o sistema nervoso autônomo (SNA) – diferem na maneira como inervam os efetuadores periféricos. O SNS inclui todos os neurônios motores somáticos que inervam os músculos esqueléticos. Os corpos celulares desses neurônios motores estão no interior do SNC, e seus axônios estendem-se até as sinapses neuromusculares que controlam os músculos esqueléticos. A maioria das atividades do SNS é controlada conscientemente.

O sistema nervoso autônomo inclui todos os **neurônios motores viscerais** que inervam efetuadores periféricos que não os dos músculos esqueléticos. Existem dois grupos de neurônios motores viscerais – um grupo apresenta corpos celulares no interior do SNC, e o outro apresenta

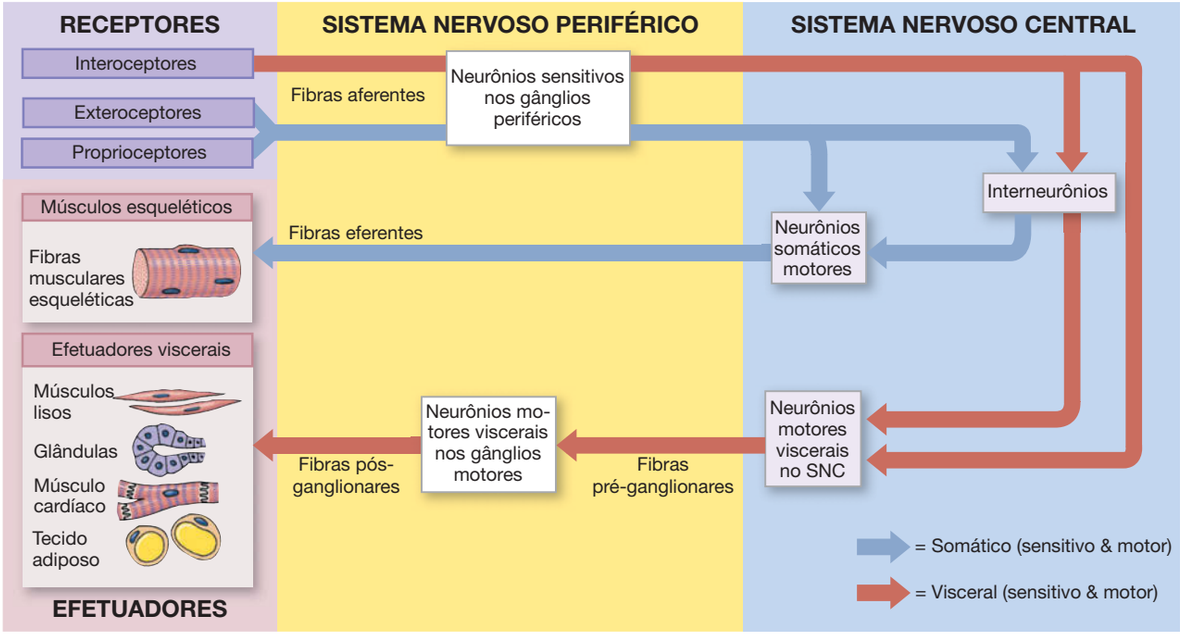


Figura 13.11 Uma classificação funcional dos neurônios.
Os neurônios são classificados funcionalmente em três categorias: (1) neurônios sensitivos, que detectam estímulos no SNP e enviam informações ao SNC, (2) neurônios motores, que conduzem comandos do SNC para os efetuadores periféricos, e (3) interneurônios no SNC, que processam informações sensitivas e coordenam a atividade motora.

Nota clínica

Doenças desmielinizantes São doenças que apresentam um sintoma em comum: a destruição dos axônios mielínicos no SNC e no sistema nervoso periférico (SNP). O mecanismo responsável por essa destruição varia conforme a doença. Examinaremos apenas as categorias principais:

- **Intoxicação por metais pesados:** A exposição crônica a íons de metais pesados, como arsênico, chumbo e mercúrio, pode levar a lesões da neuróglia e à desmielinização. À medida que ocorre a desmielinização, os axônios afetados deterioram-se e a condição se torna irreversível. Os historiadores registraram vários exemplos de intoxicação por metais pesados de amplo impacto na população. Por exemplo, a contaminação da água potável por chumbo foi citada como sendo um fator para o declínio do Império Romano. No século XIX, o mercúrio usado na preparação do feltro produziu sérias doenças ocupacionais nos empregados de fábricas de chapéus. Ao longo do tempo, o mercúrio absorvido pela pele e pelos pulmões acumulou-se no SNC, produzindo lesão neurológica, afetando funções físicas e mentais. (Este efeito é a origem da expressão "louco como um chapeleiro*".) Na década de 1950, os pescadores japoneses e suas famílias que trabalhavam na baía de Minamata, Japão, coletaram e consumiram frutos do mar contaminados por mercúrio despejado por uma fábrica das proximidades. O nível de mercúrio no sistema destes indivíduos aumentou gradualmente até atingir um limite, a partir do qual passou a provocar sintomas clínicos em centenas de pessoas. Gestantes que consumiram peixe contaminado por mercúrio tiveram bebês com graves malformações congênitas. Problemas menos graves apresentaram crianças nascidas de mães que viviam no meio-oeste dos Estados Unidos e que ingeriram grandes quantidades de peixe durante a gravidez. Como resultado, mulheres grávidas passaram a ser aconselhadas a limitar a ingestão de pescados. (Por motivos desconhecidos, a carne de algumas espécies de peixe contém níveis relativamente altos de mercúrio.)
- **Difteria** (*diphthera,* couro + *ia,* doença): A difteria é uma doença que resulta de infecção bacteriana, principalmente do trato respiratório e, ocasionalmente, da pele. No caso de infecção respiratória, além de restringir o fluxo aéreo e danificar as superfícies respiratórias, a bactéria produz uma poderosa toxina que lesa os rins e as glândulas supra-renais, entre outros tecidos. No sistema nervoso, a toxina da difteria danifica as células de Schwann e destrói as bainhas de mielina do SNP. Esta desmielinização causa problemas motores e sensitivos que podem levar a uma paralisia fatal. A toxina também acomete células musculares cardíacas, ao criar problemas com os neurônios do complexo estimulante do coração. Isso causa batimentos cardíacos anormais permanentes que podem levar à insuficiência cardíaca. A taxa de mortalidade para casos não tratados varia de 35 a 90%, dependendo do local da infecção e da subespécie de bactéria. Em países que desenvolveram cuidados de saúde coletiva adequados, a doença é rara, pois existe uma vacina eficaz, freqüentemente associada à vacina antitetânica.
- **Esclerose múltipla** (*sklerosis,* dureza): A esclerose múltipla (EM) é uma doença caracterizada por episódios recorrentes de desmielinização que atinge axônios no nervo óptico, no encéfalo e na medula espinal. Sintomas comuns incluem perda parcial da visão e problemas de fala, equilíbrio e coordenação motora geral, incluindo controle esfincteriano intestinal e vesical. O tempo entre os episódios e o grau de recuperação varia de caso para caso. Em aproximadamente um terço dos casos, a doença é progressiva, e cada episódio leva a um grau maior da deficiência da função. A média de idade em que ocorre o primeiro episódio é 30 a 40 anos; a incidência entre as mulheres é 1,5 vezes maior do que em homens. Em alguns pacientes, injeções de corticosteróides ou de interferon diminuíram a progressão da doença.

* N. de R.T. Durante o século XIX, na Europa, esta condição era tão conhecida que o escritor inglês Lewis Carroll – pseudônimo de Charles Lutwidge Dodgson – colocou um personagem denominado Chapeleiro Maluco no seu conto infantil clássico Alice no País das Maravilhas.

seus corpos celulares em gânglios periféricos. Os neurônios situados no SNC controlam os neurônios dos gânglios periféricos e estes, por sua vez, controlam os efetuadores periféricos. Os axônios que se estendem do SNC até um gânglio são denominados **fibras pré-ganglionares**. Os axônios que ligam células ganglionares a efetuadores periféricos são conhecidos como **fibras pós-ganglionares**. Esta organização diferencia claramente o sistema autônomo (visceral motor) do sistema motor somático. Existe um pequeno controle consciente sobre as atividades do SNA.

Os **interneurônios** podem estar situados entre neurônios sensitivos e motores. Os interneurônios estão localizados inteiramente no interior do encéfalo ou na medula espinal. Eles são mais numerosos que todos os outros neurônios combinados, tanto em número total quanto em tipos. Os interneurônios são responsáveis pela análise dos estímulos sensitivos e pela coordenação das respostas motoras. Quanto mais complexa a resposta a um dado estímulo, maior o número de interneurônios envolvidos. Os interneurônios podem ser classificados como **excitadores** ou **inibidores**, conforme o efeito sobre as membranas pós-sinápticas dos outros neurônios.

REVISÃO DOS CONCEITOS

1. O exame de uma amostra tecidual evidencia neurônios unipolares. É mais provável que esses neurônios sejam sensitivos ou motores?
2. Que tipo de célula da glia você esperaria encontrar em abundância no tecido cerebral de um indivíduo portador de uma infecção do SNC?

Veja a seção de Respostas na parte final do livro.

Regeneração nervosa [Figura 13.12]

O neurônio tem uma capacidade muito limitada de recuperação após lesão. No interior do corpo celular, os corpúsculos tigróides desaparecem e o núcleo se desloca de sua posição central. Se o neurônio recupera sua função normal, ele também restabelecerá gradualmente sua aparência normal. Se houver restrição do suprimento de oxigênio ou nutrientes, como em um acidente vascular encefálico, ou quando o neurônio é submetido a uma pressão mecânica, como muitas vezes acontece nos traumas de medula espinal ou de nervos periféricos, o neurônio pode não ser capaz de se recuperar até que a circulação seja restabelecida ou que a pressão seja removida, em um prazo de minutos ou horas. Se estas situações persistirem, os neurônios afetados ficarão permanentemente lesados ou morrerão.

No sistema nervoso periférico, as células de Schwann participam da recuperação dos nervos lesados. Em um processo conhecido como **degeneração walleriana** (Figura 13.12), o axônio distal ao local lesado se deteriora, e macrófagos migram para fagocitar seus fragmentos. As células de Schwann nesta área dividem-se e formam um sólido cordão celular que segue o trajeto do axônio original. Além disso, as células de Schwann liberam fatores de crescimento para promover novo crescimento axônico. Se o axônio foi seccionado, novos axônios podem começar a emergir da extremidade proximal da ruptura em poucas horas. Contudo, nas lesões mais comuns de esmagamento ou laceração, a extremidade proximal do axônio lesado morrerá, diminuindo seu comprimento de um centímetro ou mais, e o início do surgimento de novos segmentos axonais poderá atrasar-se por uma ou mais semanas. Conforme o neurônio continua a se recuperar, seu axônio cresce no local da lesão e as células de Schwann aproximam-se ao seu redor e o envolvem.

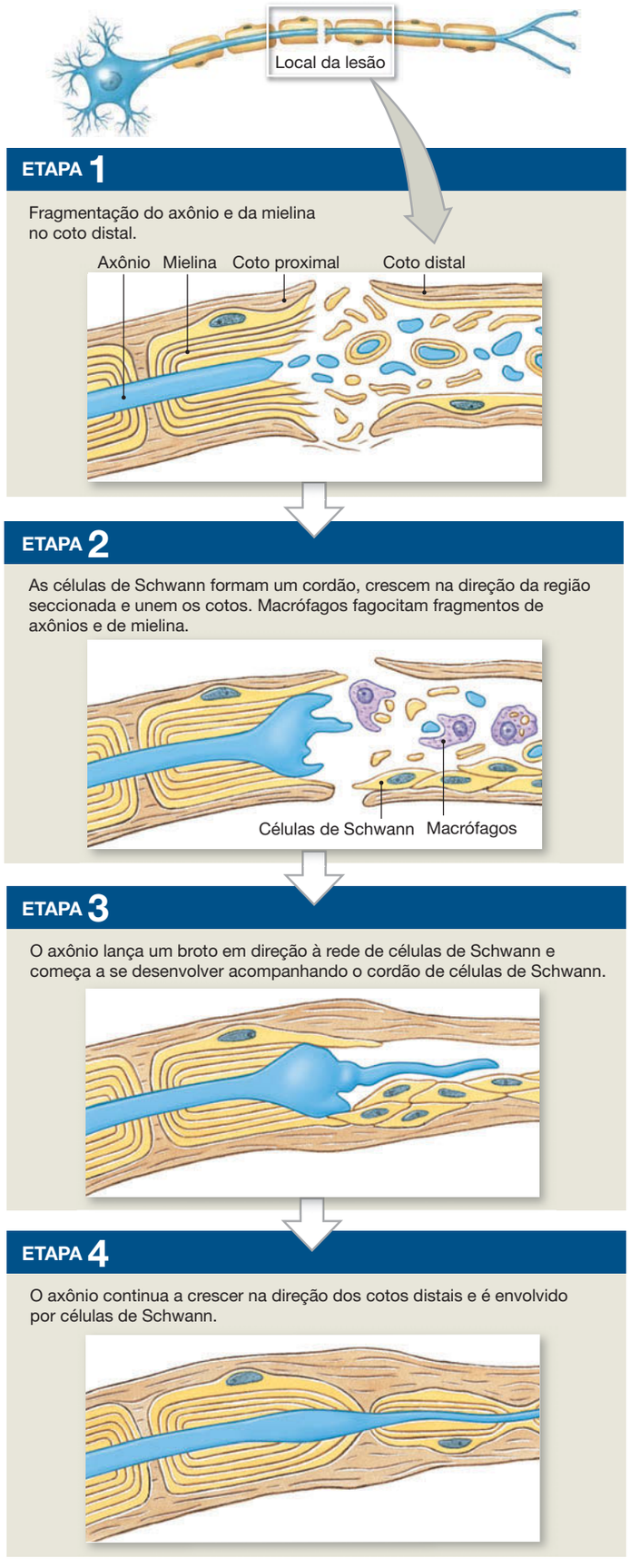


Figura 13.12 Regeneração nervosa após lesão.
Etapas envolvidas na regeneração de um nervo periférico por meio do processo de degeneração walleriana.

Se o axônio continuar seu crescimento na periferia lateral das células de Schwann apropriadas, ele pode por fim restabelecer seu contato sináptico normal. Se o crescimento cessar ou desviar sua direção, a função normal não será restabelecida. É mais provável que o crescimento do axônio se dirija à destinação apropriada se os cotos proximal e distal lesados permanecerem em contato após a lesão. Quando um nervo periférico é inteiramente lesado, apenas um número relativamente pequeno de axônios irá restabelecer seus contatos sinápticos normais com sucesso. Como resultado, a função do nervo estará permanentemente comprometida.

Uma regeneração parcial pode ocorrer no interior do sistema nervoso central, porém a situação é mais complexa porque (1) é mais provável que um número muito maior de axônios esteja envolvido, (2) os astrócitos produzem tecido cicatricial que pode impedir o crescimento do axônio através da área lesada e (3) os astrócitos liberam substâncias químicas que bloqueiam o novo crescimento dos axônios. Informações adicionais referentes à regeneração e reconstituição cirúrgica serão apresentadas no próximo capítulo.

O impulso nervoso

Excitabilidade é a capacidade da membrana citoplasmática de conduzir impulsos elétricos. As membranas citoplasmáticas das fibras musculares esqueléticas, das células do músculo cardíaco, de algumas células glandulares e o axolema da maioria dos neurônios (incluindo todos os neurônios multipolares e unipolares) são exemplos de membranas excitáveis. Um impulso elétrico, ou **potencial de ação**, se desenvolve quando os estímulos à membrana citoplasmática ultrapassam um nível, denominado *limiar de excitabilidade*. Ao ultrapassar esse limiar, a permeabilidade da membrana aos íons sódio e potássio se modifica. Os movimentos iônicos resultantes produzem modificação súbita no potencial transmembrana, e essa modificação constitui um potencial de ação. As alterações de permeabilidade são temporárias e inicialmente limitadas ao local da estimulação. No entanto, a alteração na distribuição dos íons desencadeia quase imediatamente alterações na permeabilidade de porções adjacentes da membrana citoplasmática. Desse modo, o potencial de ação é conduzido ao longo da superfície da membrana. Por exemplo, em uma fibra de músculo esquelético, potenciais de ação são iniciados na junção neuromuscular e se propagam em um mecanismo de varredura que percorre toda a superfície do sarcolema. pág. 246 No sistema nervoso, potenciais de ação que fazem trajeto ao longo dos axônios são conhecidos como **impulsos nervosos**.

Para ocorrer um impulso nervoso, é necessário que exista um estímulo de intensidade suficiente, aplicado à membrana do neurônio. Uma vez iniciado o impulso, sua velocidade de condução depende das propriedades específicas do axônio:

1. *Presença ou ausência de bainha de mielina:* Neurônios mielínicos conduzem impulsos com velocidade cinco a sete vezes maior que os amielínicos.
2. *Diâmetro do axônio:* Quanto maior o diâmetro do axônio, mais rapidamente o impulso será conduzido.

Os maiores axônios mielínicos, com diâmetros variando entre 4 e 20 µm, conduzem o impulso nervoso com velocidades superiores a 140 m/s. Inversamente, pequenas fibras amielínicas (com diâmetro menor que 2 µm) conduzem impulsos nervosos com velocidades inferiores a 1 m/s.

REVISÃO DOS CONCEITOS

1. Que efeito é esperado sobre a transmissão do potencial de ação ao se seccionar o axônio?

2. Dois axônios são testados para velocidade de condução. Um conduz potenciais de ação a 50 m/s e outro a 1 m/s. Qual deles é mielínico?
3. Defina excitabilidade.
4. Qual é o termo usado para identificar as alterações de condução no potencial transmembrana?

Veja a seção de Respostas na parte final do livro.

Comunicação sináptica [Figura 13.9b]

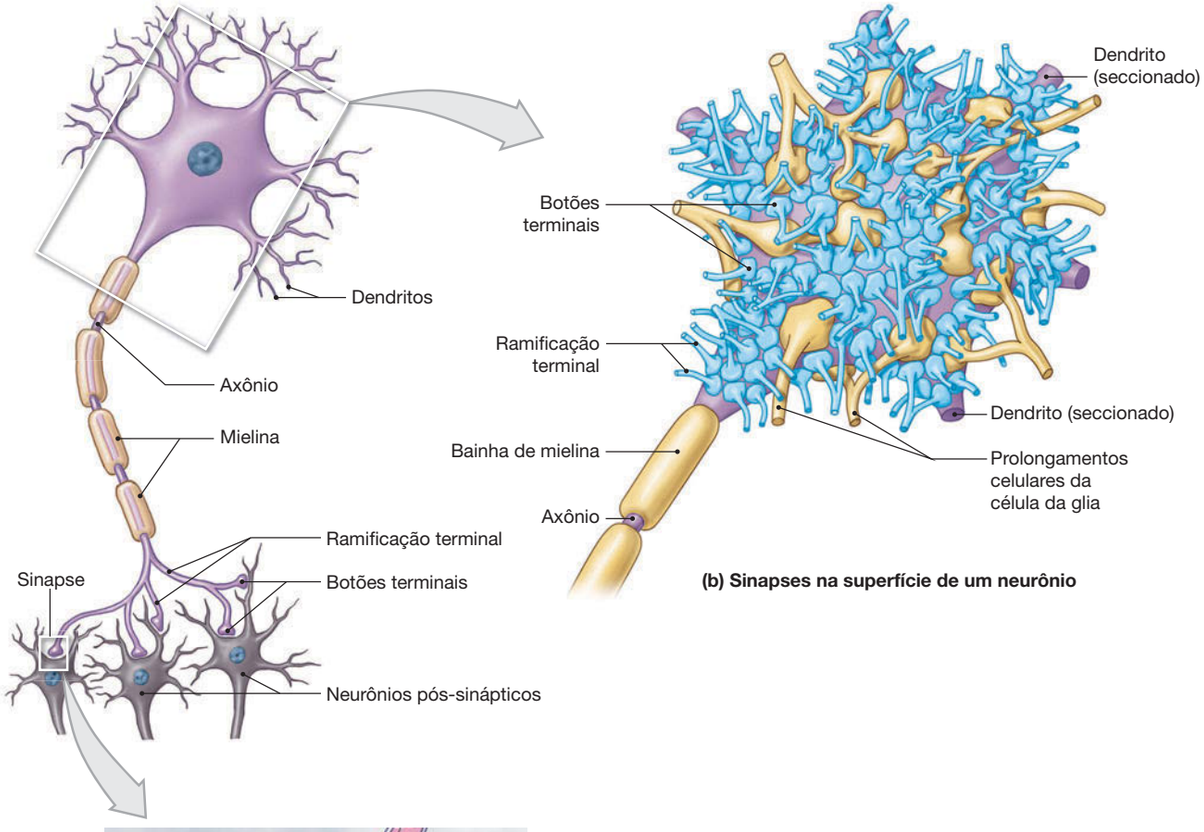
Uma sinapse entre neurônios pode envolver uma terminação sináptica e (1) um dendrito (*axodendrítica*), (2) um corpo celular (*axossomática*) e (3) um axônio (*axoaxônica*). Uma sinapse também pode permitir a comunicação entre um neurônio e outro tipo de célula; estas sinapses são chamadas de **sinapses neuroefetuadoras**. A *junção neuromuscular* descrita no Capítulo 9 foi um exemplo de sinapse neuroefetuadora. ∞ págs. 239, 246 Outros exemplos de sinapses neuroefetuadoras são mostrados na **Figura 13.9b**, pág. 349.

Em uma terminação sináptica, o impulso nervoso deflagra alterações que transferem a informação para outro neurônio ou para uma célula efetuadora.

Uma sinapse pode ser *química*, envolvendo a passagem de um neurotransmissor entre as células, ou *elétrica*, com junções comunicantes (junções *gap*) permitindo um fluxo iônico entre as células. ∞ pág. 44

Sinapses vesiculares [Figura 13.13]

As **sinapses vesiculares**, também denominadas *sinapses químicas*, são as mais abundantes; existem vários tipos diferentes. A maioria das interações entre neurônios e toda a comunicação entre neurônios e efetuadores periféricos envolvem sinapses vesiculares. Em uma sinapse vesicular entre neurônios (**Figura 13.13**), um neurotransmissor liberado na *membrana*



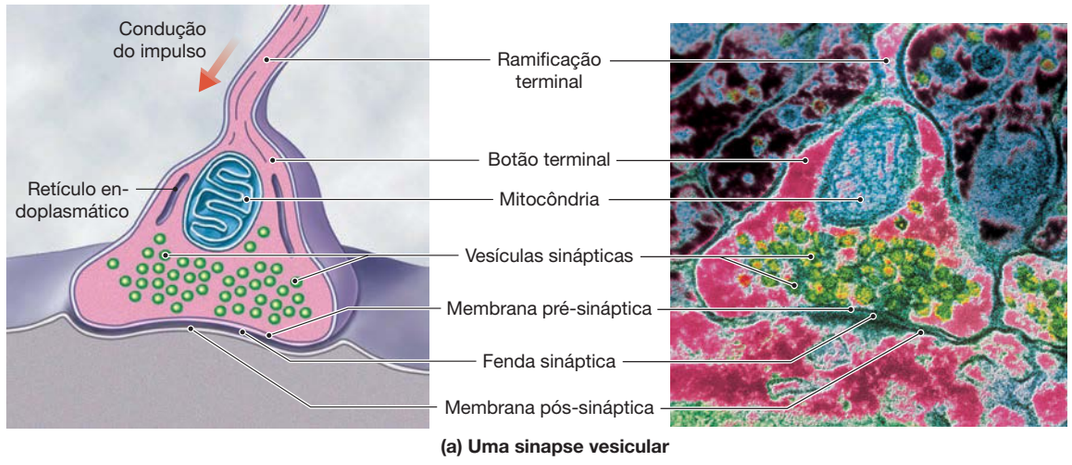


Figura 13.13 A estrutura de uma sinapse.
Sinapse é o local de comunicação entre um neurônio e outra célula. **(a)** Vista diagramática de uma sinapse vesicular entre dois neurônios, pareados com uma micrioscopia eletrônica realçada em cores de uma sinapse vesicular. (MET x 186.480) **(b)** Podem existir milhares de sinapses vesiculares na superfície de um único neurônio. Muitas dessas sinapses podem estar ativas em um dado momento.

pré-sináptica de um botão terminal liga-se a receptores protéicos na *membrana pós-sináptica* e desencadeia uma alteração transitória do potencial transmembrana da célula receptora. Somente a membrana pré-sináptica libera o neurotransmissor. Como resultado, a comunicação ocorre em uma única direção: do neurônio pré-sináptico para o pós-sináptico.

A sinapse neuromuscular, também chamada de *junção neuromuscular*, descrita no Capítulo 9, é uma sinapse vesicular que libera o neurotransmissor *acetilcolina* (*ACh*). pág. 246 Mais de 50 neurotransmissores diferentes foram identificados, mas a ACh é o mais conhecido. Todas as sinapses somáticas neuromusculares utilizam ACh, que também é liberada em muitas sinapses vesiculares no SNC e no SNP. A seqüência geral de eventos é semelhante, independentemente da localização da sinapse ou da natureza do neurotransmissor.

- A chegada do potencial de ação no botão terminal desencadeia a liberação do neurotransmissor, a partir das vesículas secretoras, por exocitose na membrana pré-sináptica.
- O neurotransmissor se difunde através da fenda sináptica e liga-se aos receptores na membrana pós-sináptica.
- A ligação aos receptores resulta na alteração da permeabilidade da membrana da célula pós-sináptica. Dependendo da identidade e da quantidade de proteínas receptoras na membrana pós-sináptica, o resultado pode ser excitador ou inibidor. Em geral, efeitos excitadores promovem a geração de potenciais de ação, enquanto efeitos inibidores reduzem a capacidade de gerar esses potenciais.
- Se o grau de excitação for suficiente, a ligação ao receptor pode levar à geração de um potencial de ação no axônio (se a célula pós-sináptica for um neurônio) ou no sarcolema (se a célula pós-sináptica for uma fibra muscular esquelética).
- Os efeitos de um potencial de ação na membrana pós-sináptica são breves porque as moléculas neurotransmissoras são destruídas por enzimas ou reabsorvidas. Para prolongar ou intensificar os efeitos, mais potenciais de ação precisam chegar à terminação sináptica, e mais moléculas de ACh precisam ser liberadas na fenda sináptica.

Exemplos de outros neurotransmissores, além da ACh, serão apresentados em capítulos posteriores. Podem existir milhares de sinapses no corpo celular de um único neurônio (**Figura 13.13b**). Muitas delas estarão ativas em determinados momentos específicos, liberando uma variedade de neurotransmissores. Algumas terão efeitos excitadores, outras terão efeitos inibidores. A atividade dos neurônios receptores depende do somatório de estímulos excitadores e inibidores que estão influenciando os cones axônicos em um dado momento.

Sinapses não-vesiculares

As sinapses vesiculares dominam o sistema nervoso. As **sinapses não-vesiculares**, também chamadas de *sinapses elétricas,* são encontradas entre neurônios no SNC e no SNP, porém são relativamente raras. Em uma sinapse não-vesicular, as membranas pré e pós-sinápticas estão intimamente interligadas, e as *junções comunicantes* (junções *gap*) permitem a passagem de íons entre as células. pág. 44 Como as duas células são ligadas desta forma, elas funcionam como se compartilhassem uma membrana comum, e o impulso nervoso passa de um neurônio a outro sem atraso. Ao contrário das sinapses vesiculares, as não-vesiculares podem conduzir o impulso nervoso em qualquer direção.

Organização e processamento neuronal [Figura 13.14]

Os neurônios são as unidades básicas de construção do sistema nervoso. Os bilhões de interneurônios no SNC são organizados em um número menor de **redes neuronais**. Uma rede neuronal é um grupo de neurônios interconectados com funções específicas. As redes neuronais são definidas de acordo com suas funções e especificidades anatômicas. Uma rede pode ser difusa, envolvendo neurônios e várias regiões diferentes do encéfalo, ou localizada, com todos os neurônios restritos a uma localização específica do encéfalo ou da medula espinal. Estimativas relacionadas ao número real de redes neuronais variam de algumas centenas a alguns milhares. Cada rede

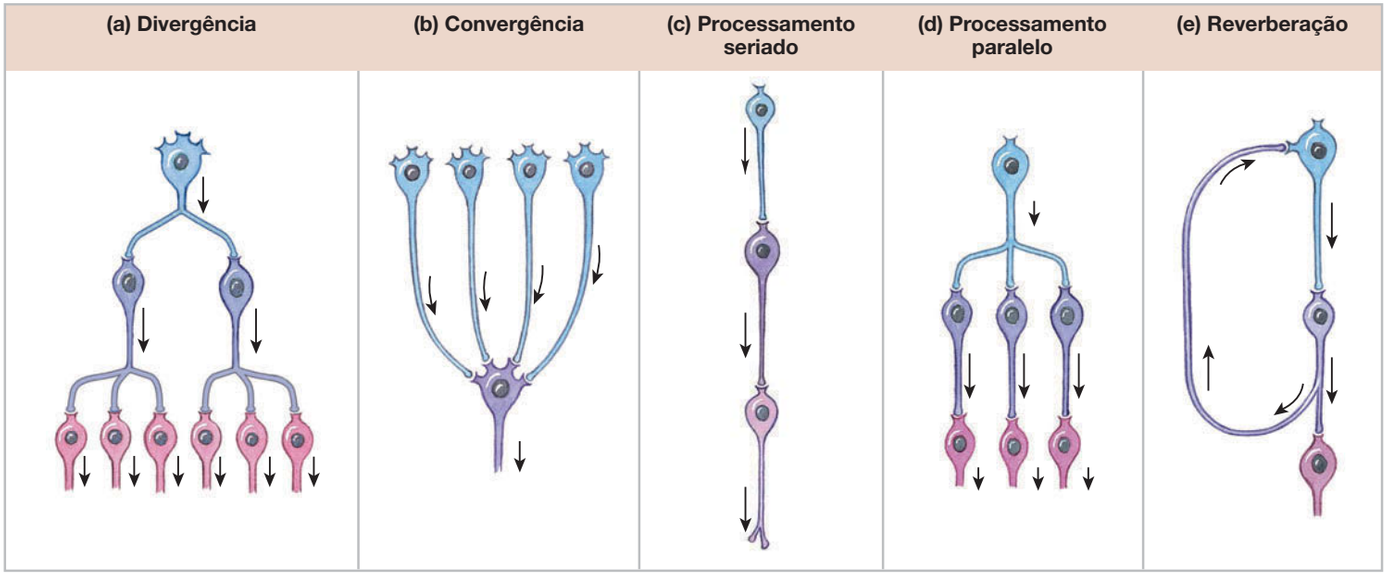


Figura 13.14 Organização dos circuitos neuronais.
(a) Divergência, um mecanismo de disseminação de estímulos para múltiplos neurônios ou redes neuronais no SNC. **(b)** Convergência, um mecanismo que oferece informação a um único neurônio a partir de múltiplas fontes. **(c)** Processamento seriado, no qual neurônios ou redes neuronais trabalham simultaneamente e de maneira seqüencial. **(d)** Processamento paralelo, no qual neurônios individuais ou redes neuronais processam informação simultaneamente. **(e)** Reverberação, um mecanismo de "feedback" que pode ser excitador ou inibidor.

tem um número limitado de fontes e destinações de informações nervosas e pode conter tanto neurônios excitadores quanto inibidores.

O "padrão de circuito" básico encontrado em uma rede neuronal é chamado de *circuito nervoso*. Um circuito nervoso pode apresentar as seguintes funções:

1. **Divergência** é a disseminação da informação a partir de um neurônio para vários outros neurônios, como indicado na Figura 13.14a, ou a partir de uma rede para múltiplas redes. A divergência permite ampla distribuição de uma informação específica. Ocorre considerável divergência quando neurônios sensitivos trazem informações para o SNC, para que estas sejam distribuídas para redes neuronais na medula espinal ou no encéfalo.
2. Na **convergência**, vários neurônios fazem sinapse com o mesmo neurônio pós-sináptico (Figura 13.14b). Muitos padrões diferentes de atividade nos neurônios pré-sinápticos podem ter o mesmo efeito no neurônio pós-sináptico. A convergência permite o controle variável dos neurônios motores por propiciar mecanismos para seu controle voluntário e involuntário. Por exemplo, os movimentos do diafragma e das costelas são controlados pelos centros respiratórios no encéfalo, atuando em nível inconsciente. Entretanto, os mesmos neurônios podem ser controlados voluntariamente, como ocorre quando inspiramos profundamente e prendemos a respiração. Duas redes neuronais estão envolvidas, ambas fazendo sinapse com os mesmos neurônios motores.
3. As informações podem ser transmitidas de forma seqüencial, de um neurônio para outro ou de uma rede neuronal para outra. Este padrão, denominado **processamento seriado**, é mostrado na Figura 13.14c. O processamento seriado ocorre quando informações sensitivas são transmitidas ao encéfalo, de um centro de processamento para outro.
4. O **processamento paralelo** ocorre quando vários neurônios ou redes neuronais processam a mesma informação simultaneamente (Figura 13.14d). O processamento paralelo possibilita a ocorrência concomitante de várias respostas diferentes. Por exemplo, ao se pisar em um objeto pontiagudo, os neurônios sensitivos são estimulados e distribuem informações para várias redes neuronais. Como resultado do processamento paralelo, respostas simultâneas podem ocorrer, como a imediata retirada do pé, o alívio do peso sobre o pé, a movimentação dos braços, a sensação de sentir dor e mesmo a vocalização para expressão da dor.
5. Alguns circuitos neuronais utilizam "feedback" positivo para produzir **reverberação**. Nesta disposição, axônios colaterais em posição recorrente estendem-se em direção à fonte do impulso e propiciam mais estímulo aos neurônios pré-sinápticos. Uma vez ativado o circuito de reverberação, ele permanecerá em funcionamento até que ocorra a fadiga da sinapse ou até que estímulos inibidores interrompam o ciclo. Assim como se observa na convergência ou na divergência, a reverberação pode ocorrer em uma única rede neuronal, ou pode envolver uma série de redes neuronais interconectadas. Um exemplo de reverberação é mostrado na Figura 13.14e; exemplos muito mais complexos de reverberação entre redes neuronais no encéfalo podem estar envolvidos na manutenção do estado de consciência, na coordenação muscular e no padrão normal da respiração. Estes e outros "padrões de circuitos" serão discutidos nos próximos capítulos, com o detalhamento da organização da medula espinal e do encéfalo.

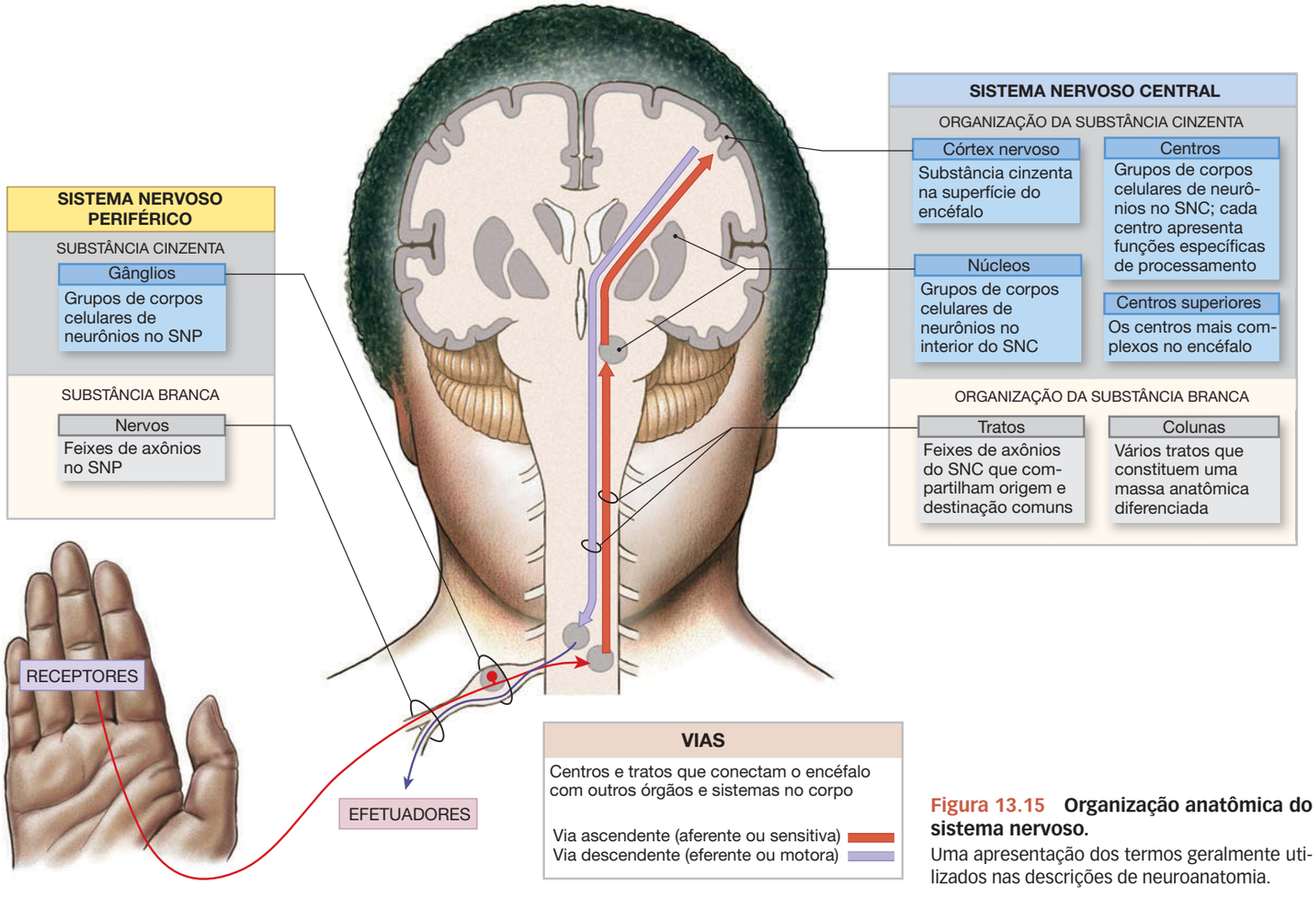


Figura 13.15 Organização anatômica do sistema nervoso.
Uma apresentação dos termos geralmente utilizados nas descrições de neuroanatomia.

Organização anatômica do sistema nervoso [Figura 13.15 e Tabela 13.1]

As funções do sistema nervoso dependem da interação entre neurônios nas redes neuronais, sendo que as mais complexas seqüências de processamento neuronal ocorrem na medula espinal e no encéfalo (SNC). As informações sensitivas que chegam e os comandos motores que saem são transmitidos pelo sistema nervoso periférico (SNP). Axônios e corpos celulares no SNC e no SNP não são dispostos ao acaso. Ao contrário, formam massas ou feixes com limites anatômicos diferenciados. A organização anatômica do sistema nervoso está esquematizada na **Figura 13.15** e resumida na Tabela 13.1, pág. 342.

No SNP:

- Os corpos celulares dos neurônios sensitivos e neurônios motores viscerais são encontrados em *gânglios*.
- Os axônios compõem feixes e formam nervos, sendo que os *nervos espinais* são ligados à medula espinal, e os *nervos cranianos*, ligados ao encéfalo.

No SNC:

- Um grupo de corpos celulares de neurônios com função comum é denominado **centro nervoso**. Um centro nervoso com limites anatômicos bem precisos é denominado **núcleo**. Partes da superfície do encéfalo são recobertas por uma espessa camada de substância cinzenta denominada **córtex nervoso**. A expressão *centros superiores* refere-se aos mais complexos centros de integração, núcleos e áreas corticais do encéfalo.
- A substância branca do SNC contém feixes de axônios que compartilham origens, destinações e funções. Esses feixes são denominados **tratos nervosos**. Os tratos nervosos na medula espinal constituem grupos maiores, denominados **colunas**.
- Os centros e tratos nervosos que ligam o encéfalo com o resto do corpo são denominados **vias nervosas**. Por exemplo, as **vias sensitivas** (*vias ascendentes* ou *vias aferentes*) distribuem informação a partir dos receptores periféricos aos centros processadores no encéfalo; as **vias motoras** (*vias descendentes* ou *vias eferentes*) partem dos centros do SNC relacionados ao controle motor e terminam nos efetuadores, sobre os quais exercem controle.

REVISÃO DOS CONCEITOS

1. Identifique os dois tipos de sinapses.
2. De modo geral, em que diferem as sinapses excitadora e inibidora?
3. Diferencie uma rede neuronal cuja função é de divergência de uma rede neuronal cuja função é de convergência.
4. Descreva as seguintes estruturas anatômicas do sistema nervoso central: centro, trato e via.

Veja a seção de Respostas na parte final do livro.

Resumo de embriologia

Para um resumo do desenvolvimento do sistema nervoso, consulte o Capítulo 28 (Embriologia e Desenvolvimento Humano).

TERMOS CLÍNICOS

Desmielinização: Destruição progressiva das bainhas de mielina no SNC e no SNP, levando a uma perda da sensibilidade e do controle motor. A desmielinização está associada à *intoxicação por metais pesados*, *difteria*, *esclerose múltipla* e *síndrome de Guillain-Barré*.

Raiva: Doença viral aguda do sistema nervoso central, geralmente transmitida pela mordida de um mamífero infectado. O vírus atinge o SNC pelo transporte ao longo de axônios de neurônios que inervam a região lesada pela mordida.

RESUMO PARA ESTUDO

Introdução 341

1. Dois sistemas de órgãos – o sistema nervoso e o sistema endócrino – coordenam e dirigem as atividades de outros sistemas orgânicos. O sistema nervoso promove respostas imediatas e breves a estímulos; o sistema endócrino ajusta operações metabólicas e comanda as modificações a longo prazo.

Uma visão geral sobre o sistema nervoso 341

1. O **sistema nervoso** engloba todo o **tecido nervoso** no corpo. Suas subdivisões anatômicas são o **sistema nervoso central (SNC)** (encéfalo e medula espinal) e o **sistema nervoso periférico (SNP)** (todos os tecidos neuronais fora do SNC).
2. Funcionalmente, o sistema nervoso é subdividido em uma **divisão aferente**, que transmite informações sensitivas dos receptores somáticos e viscerais ao SNC, e uma **divisão eferente**, que transmite comandos motores aos músculos e glândulas.
3. A divisão eferente inclui tanto o **sistema nervoso somático (SNS)** (que viabiliza o controle voluntário sobre as contrações dos músculos esqueléticos), quanto o **sistema nervoso autônomo (SNA)** (responsável pela regulação automática e involuntária do músculo liso, do músculo cardíaco e pela atividade glandular). (*ver Figuras 13.1/13.2 e Tabela 13.1*)

A organização celular no tecido nervoso 342

1. Há dois tipos de células no tecido nervoso: **neurônios**, que são responsáveis por transmitir e processar informação, e **neuróglia**, ou **células da glia**, que são células de sustentação no sistema nervoso. Um neurônio típico apresenta um **corpo celular** (**soma**), um **axônio** e vários **dendritos**. (*ver Figuras 13.3/13.4*)

Neuróglia 344

2. Há quatro tipos de neuróglia no SNC: (1) *astrócitos*, (2) *oligodendrócitos*, (3) *micróglia* e (4) *células ependimais*. (*ver Figuras 13.4 a 13.8*)
3. Os **astrócitos** são as maiores e mais numerosas células da glia. Eles mantêm a barreira hemato-encefálica para isolar o SNC da circulação geral, fornecem sustentação estrutural ao SNC, regulam as concentrações de íons e nutrientes e realizam reparos para estabilizar o tecido e prevenir novas agressões. (*ver Figuras 13.4/13.5/13.6*)
4. Os **oligodendrócitos** envolvem os axônios do SNC em uma bainha de membrana denominada **mielina**. Interrupções dos envoltórios de mielina ao longo do axônio são denominadas **soluções de continuidade da bainha de mielina** (ou *nós de Ranvier*), enquanto grandes áreas envolvidas por mielina são chamadas de **internodos**. Regiões que contêm primariamente axônios mielínicos têm aparência brilhante e branca, e são denominadas **substância branca**. (*ver Figuras 13.4/13.5*)

5. **Micróglia** são pequenas células com muitos processos citoplasmáticos delicados. São células fagocitárias que englobam fragmentos celulares, produtos residuais e patógenos. Elas aumentam em número como resultado de infecção ou lesão. (*ver Figuras 13.4/13.5*)
6. **Células ependimais** são células epiteliais atípicas que revestem as câmaras e vias de passagem, que são preenchidas por **líquido cerebrospinal (LC)** no encéfalo e na medula espinal. Elas ajudam na produção, circulação e monitoração do LC. (*ver Figuras 13.4 a 14.6*)
7. Os corpos celulares dos neurônios no SNP estão agrupados em **gânglios**, e seus axônios formam os **nervos periféricos**. *(ver Figuras 13.7/13.8)*
8. As células da glia do SNP são as *células satélites* e as *células de Schwann. (ver Figuras 13.7/13.8)*
9. As **células satélites** envolvem os corpos celulares dos neurônios nos gânglios. *(ver Figura 13.7)*
10. As **células de Schwann** *(lemócitos)* recobrem todos os axônios periféricos, mielínicos ou amielínicos. *(ver Figura 13.8)*

Neurônios 349

11. O **pericário** de um neurônio é o citoplasma que circunda o núcleo. Ele contém organelas, incluindo **neurofilamentos**, **microtúbulos** e grupos de neurofilamentos, denominados **neurofibrilas**, que se estendem para os dendritos e o axônio. O **cone axônico** é uma região especializada do axônio. Ele conecta o **segmento inicial** do axônio ao corpo celular. O citoplasma do axônio, o **axoplasma**, contém numerosas organelas. (*ver Figura 13.9)*
12. Os **colaterais** são ramos laterais de um axônio. As **ramificações terminais** são uma série de delicadas proliferações das extensões terminais que se originam da extremidade do axônio. *(ver Figura 13.9)*
13. As ramificações terminais estendem-se até as *terminações sinápticas.* Uma **sinapse** é um local de comunicação intercelular entre um neurônio e outra célula. Um **botão terminal** é um local onde um neurônio faz sinapse com outro. A comunicação sináptica geralmente envolve liberação de substâncias químicas específicas, denominadas neurotransmissores. (*ver Figura 13.9)*
14. Estruturalmente, os neurônios podem ser classificados com base no número de prolongamentos que se projetam a partir do corpo celular: (1) **apolar** (sem axônios identificáveis); (2) **bipolar** (um dendrito e um axônio); (3) **unipolar** (dendrito e axônio apresentam-se contínuos em um dos lados do corpo celular); e (4) **multipolar** (vários dendritos e um axônio). (*ver Figura 13.10)*
15. Há três categorias funcionais de neurônios: *neurônios sensitivos*, *neurônios motores* e *interneurônios* (neurônios de associação). *(ver Figura 13.11)*
16. Os **neurônios sensitivos** constituem a divisão aferente do SNP e conduzem informações desde os receptores sensitivos até o SNC. Os receptores são caracterizados como **exteroceptores** (transmitem informações sobre o meio externo), **proprioceptores** (monitoram a posição e o movimento de articulações) e **interoceptores** (monitoram os sistemas digestório, respiratório, circulatório, urinário e genital). (*ver Figura 13.11)*
17. Os **neurônios motores** formam as vias eferentes que estimulam ou modificam a atividade de um tecido periférico, órgão ou sistema orgânico. Os **neurônios motores somáticos** inervam músculos esqueléticos. Os **neurônios motores viscerais** inervam todos os efetuadores periféricos que não os dos músculos esqueléticos. Os axônios dos neurônios viscerais motores do SNC (**fibras pré-ganglionares**) fazem sinapses com os neurônios nos gânglios; estas células ganglionares projetam axônios (**fibras pós-ganglionares**) para controlar efetuadores periféricos. (*ver Figura 13.11)*
18. Os **interneurônios (neurônios de associação)** podem estar localizados entre neurônios motores e sensitivos; eles analisam informações sensitivas e coordenam respostas motoras. Os interneurônios são classificados como **excitadores** ou **inibidores** de acordo com seus efeitos nos neurônios pós-sinápticos. *(ver Figura 13.11)*

Regeneração nervosa 352

1. Os neurônios apresentam uma capacidade de regeneração muito limitada. Quando um nervo periférico é inteiramente danificado, somente um número relativamente pequeno de axônios nesse nervo restabelecerá de maneira integral os contatos sinápticos normais. Como resultado, a função completa do nervo estará permanentemente comprometida. (*ver Figura 13.12)*
2. As células de Schwann participam na reparação dos nervos periféricos danificados. Este processo é conhecido como **degeneração walleriana**. (*ver Figura 13.12)*
3. No interior do sistema nervoso central pode ocorrer regeneração limitada, porém a situação é mais complexa porque (1) é mais provável que um número muito maior de axônios esteja envolvido, (2) os astrócitos produzem tecido cicatricial que pode impedir o crescimento de axônios através da área lesada e (3) os astrócitos liberam substâncias químicas que bloqueiam novo crescimento de axônios. (*ver Figura 13.12)*

O impulso nervoso 353

1. **Excitabilidade** é a capacidade da membrana celular de conduzir impulsos elétricos; as membranas celulares das fibras musculares esqueléticas e da maioria dos neurônios são excitáveis.
2. As modificações conduzidas no potencial transmembrana que ocorrem como resultado da mudança no fluxo de íons sódio e potássio quando o *limiar de excitabilidade* da membrana é atingido são chamadas de **potenciais de ação**. Um potencial de ação conduzido ao longo de um axônio é chamado de **impulso nervoso**.
3. A velocidade de condução de um impulso depende das propriedades do axônio, especificamente da presença ou ausência de uma bainha de mielina (um axônio mielínico conduz impulsos 5 a 7 vezes mais rapidamente do que um neurônio amielínico) e do diâmetro do axônio (quanto maior o diâmetro, mais rápida a condução).

Comunicação sináptica 354

1. As sinapses ocorrem nos dendritos, nos corpos celulares ou nos axônios. As sinapses permitem a comunicação entre os neurônios e outras células nas **sinapses neuroefetuadoras**. *(ver Figura 13.9b)*
2. Uma sinapse pode ser **vesicular** *(química)*, envolvendo um neurotransmissor, ou **não-vesicular** *(elétrica)*, com contato direto entre as células. As sinapses vesiculares são as mais comuns. *(ver Figura 13.13a)*

Sinapses vesiculares 354

3. Em uma **sinapse vesicular** entre dois neurônios, estabelece-se uma relação especial. Somente a *membrana pré-sináptica* libera um neurotransmissor, que se liga a proteínas receptoras na *membrana pós-sináptica*, causando mudança no potencial transmembrana da célula que recebe o estímulo. Assim, a comunicação ocorre unidirecionalmente através da sinapse: partindo do neurônio pré-sináptico para o neurônio pós-sináptico. *(ver Figura 13.13)*
4. Mais de 50 neurotransmissores foram identificados. Todas as junções neuromusculares utilizam ACh como neurotransmissor; a ACh também é liberada em muitas sinapses vesiculares no SNC e no SNP.
5. A seqüência geral dos eventos que ocorrem em uma sinapse vesicular é a seguinte: (1) a chegada de um potencial de ação no botão terminal da membrana pré-sináptica desencadeia a liberação do neurotransmissor; (2) o neurotransmissor difunde-se através da fenda sináptica e liga-se a receptores na membrana pós-sináptica; (3) a ligação do neurotransmissor causa uma mudança na permeabilidade da membrana celular pós-sináptica, resultando em efeitos excitadores ou inibidores, dependendo da identidade e da quantidade de proteínas receptoras; (4) o início de um potencial de ação depende do grau de excitação; e (5) os efeitos na membrana pós-sináptica desaparecem rapidamente conforme as moléculas de neurotransmissores são degradadas por enzimas.
6. Um único neurônio pode ter milhares de sinapses no seu corpo celular. A atividade do neurônio depende do somatório de todos os estímulos excitadores e inibidores que chegam em um dado momento à região do cone axônico do neurônio.

Sinapses não-vesiculares 355

7. As **sinapses não-vesiculares** (também chamadas de *sinapses elétricas*) são encontradas entre os neurônios do SNC e do SNP, embora sejam raras. Nessas sinapses, as membranas citoplasmáticas das células pré e pós-sinápticas estão firmemente ligadas, e as células funcionam como se compartilhassem uma membrana citoplasmática comum. As sinapses não-vesiculares transmitem informações mais rapidamente do que as vesiculares. As sinapses não-vesiculares podem ser bidirecionais.

Organização e processamento neuronal 355

1. Os aproximadamente 20 bilhões de interneurônios podem ser classificados em **redes neuronais**. Os circuitos neuronais dessas redes neuronais podem apresentar (1) *divergência,* (2) *convergência,* (3) *processamento seriado,* (4) *processamento paralelo* e (5) *reverberação. (ver Figura 13.14)*
2. **Divergência** é a disseminação da informação a partir de um neurônio para vários neurônios, ou a partir de uma rede neuronal para várias redes. Isso facilita a ampla distribuição de uma informação específica. *(ver Figura 13.14a)*
3. **Convergência** é a presença de sinapses a partir de vários neurônios em apenas um neurônio pós-sináptico. Ela permite o controle variável dos neurônios motores. *(ver Figura 13.14b)*
4. **Processamento seriado** é um padrão de processamento seqüencial de informações de um neurônio para outro ou de uma rede para outra. Este é o modo pelo qual uma informação sensitiva é conduzida entre centros de processamento no encéfalo. *(ver Figura 13.14c)*
5. **Processamento paralelo** é um padrão segundo o qual a mesma informação é processada simultaneamente por vários neurônios ou redes neuronais. Muitas respostas diferentes podem ocorrer concomitantemente. *(ver Figura 13.14d)*
6. A **reverberação** ocorre quando circuitos neuronais utilizam "feedback" positivo para continuar a atividade do circuito. Axônios colaterais estabelecem um circuito para manter a estimulação dos neurônios pré-sinápticos. *(ver Figura 13.14e)*

Organização anatômica do sistema nervoso 357

1. As funções do sistema nervoso dependem de interações entre neurônios em redes neuronais. Quase todos os complexos passos do processamento ocorrem no encéfalo e na medula espinal. *(ver Figura 13.15)*
2. Corpos celulares e axônios de neurônios no SNC e no SNP estão organizados em massas ou feixes com limites anatômicos diferenciados. *(ver Figura 13.15)*
3. No SNP, os *gânglios* contêm corpos celulares de neurônios sensitivos e neurônios motores viscerais. Nos *nervos espinais,* os axônios dos nervos fazem trajeto em direção à medula espinal, e nos *nervos cranianos,* em direção ao encéfalo. *(ver Figura 13.11)*
4. No SNC, corpos celulares estão organizados em **centros nervosos**; um centro com limites bem definidos é chamado de **núcleo**. O **córtex nervoso** é a substância cinzenta que cobre porções do encéfalo, também denominada *centro superior*, para fazer referência ao seu envolvimento em atividades complexas. A substância branca apresenta feixes de axônios, denominados **tratos**. Os tratos se organizam em unidades maiores chamadas de **colunas.** Os centros e tratos que unem o encéfalo ao corpo são denominados **vias nervosas**. Vias sensitivas (*ascendentes* ou *aferentes*) conduzem informação dos receptores periféricos ao encéfalo; vias motoras (*descendentes* ou *eferentes*) partem dos centros no SNC que estão envolvidos com o controle motor dos músculos esqueléticos a eles associados. *(ver Figura 13.15)*

REVISÃO DO CAPÍTULO

Para respostas às questões da Revisão dos Conceitos e Revisão do Capítulo, veja a seção de Respostas na parte final do livro.

Nível 1 – Revisão de fatos e termos

Associe cada item numerado com a letra do item que melhor se relaciona. Utilize letras para as respostas nos espaços apropriados.

Coluna A	**Coluna B**
__1. divisão aferente	a. "feedback" positivo
__2. efetuador	b. liga o segmento inicial ao corpo celular
__3. astrócito	c. informação sensitiva
__4. oligodendrócito	d. monitora posição/movimento de articulações
__5. feixe de axônios	e. mielina
__6. colaterais	f. um dendrito
__7. neurônios bipolares	g. corpos celulares de neurônios do SNP
__8. proprioceptor	h. barreira hemato-encefálica
__9. reverberação	i. ramos laterais de axônios
__10. gânglios	j. células musculares esqueléticas

11. Qual das alternativas seguintes não é uma função da neuróglia?
    (a) sustentação
    (b) processamento de informação
    (c) secreção de líquido cerebrospinal
    (d) fagocitose
12. Células da glia encontradas ao redor de corpos celulares de neurônios periféricos são:
    (a) astrócitos
    (b) células ependimais
    (c) micróglia
    (d) células satélites
13. A função mais importante do corpo celular de um neurônio é:
    (a) permitir a comunicação com outro neurônio
    (b) sustentar as células da glia
    (c) gerar uma carga elétrica
    (d) abrigar organelas que produzem energia e sintetizam moléculas orgânicas
14. Os axônios estendem-se em uma série de delicadas terminações conhecidas como:
    (a) ramificação terminal
    (b) sinapses
    (c) colaterais
    (d) cones axônicos
15. Quais das seguintes atividades ou sensações não são monitoradas por interoceptores?
    (a) atividades urinárias
    (b) atividades digestivas
    (c) atividades visuais
    (d) atividades circulatórias

16. Neurônios nos quais os prolongamentos dendríticos e axônicos são contínuos e o corpo celular encontra-se deslocado para um dos lados são denominados:
    (a) apolares
    (b) unipolares
    (c) bipolares
    (d) multipolares

16. As estruturas nas extremidades das ramificações terminais que formam as terminações sinápticas são:
    (a) axônios
    (b) botões terminais
    (c) colaterais
    (d) cones axônicos

17. O neurotransmissor é liberado por:
    (a) uma membrana pós-sináptica
    (b) um órgão efetuador
    (c) todas as áreas da célula nervosa
    (d) somente por uma membrana pré-sináptica

18. Em uma rede neuronal, o processamento paralelo ocorre quando:
    (a) vários neurônios fazem sinapse no mesmo neurônio pós-sináptico
    (b) a informação é transmitida seqüencialmente de um neurônio para outro
    (c) vários neurônios processam a informação simultaneamente
    (d) neurônios utilizam "feedback" positivo

19. Uma coluna é um:
    (a) grupo de corpos celulares de neurônios
    (b) grupo de tratos na medula espinal
    (c) feixe de substância branca com origem e destinação comuns
    (d) nenhuma das anteriores

Nível 2 – Revisão de conceitos

1. Padrões de interação entre neurônios incluem quais dos seguintes?
    (a) divergência
    (b) processamento paralelo
    (c) reverberação
    (d) todas as anteriores

2. Que tipo de célula do tecido nervoso estará mais provavelmente comprometida se a barreira hemato-encefálica não estiver protegendo o encéfalo adequadamente?
    (a) células ependimais
    (b) astrócitos
    (c) oligodendrócitos
    (d) micróglia

3. Problemas no crescimento e nas interconexões entre neurônios no encéfalo refletem problemas com:
    (a) neurônios aferentes
    (b) micróglia
    (c) astrócitos
    (d) neurônios eferentes

4. Para que servem os colaterais no sistema nervoso?

5. Em que a atividade dos exteroceptores difere da dos interoceptores?

6. Qual é a finalidade da barreira hemato-encefálica?

7. Diferencie as funções do SNC e do SNP.

8. Quais são as distinções existentes entre o sistema nervoso somático e o sistema nervoso autônomo?

9. Por que uma sinapse não-vesicular é mais eficiente do que uma sinapse vesicular? Por que ela é menos versátil?

10. Diferencie o processamento seriado do processamento paralelo.

Nível 3 – Pensamento crítico

1. Na esclerose múltipla, existe dano progressivo e intermitente às bainhas de mielina dos nervos periféricos. Isso resulta em um controle motor precário da área afetada. Por que a destruição da bainha de mielina afeta o controle motor?

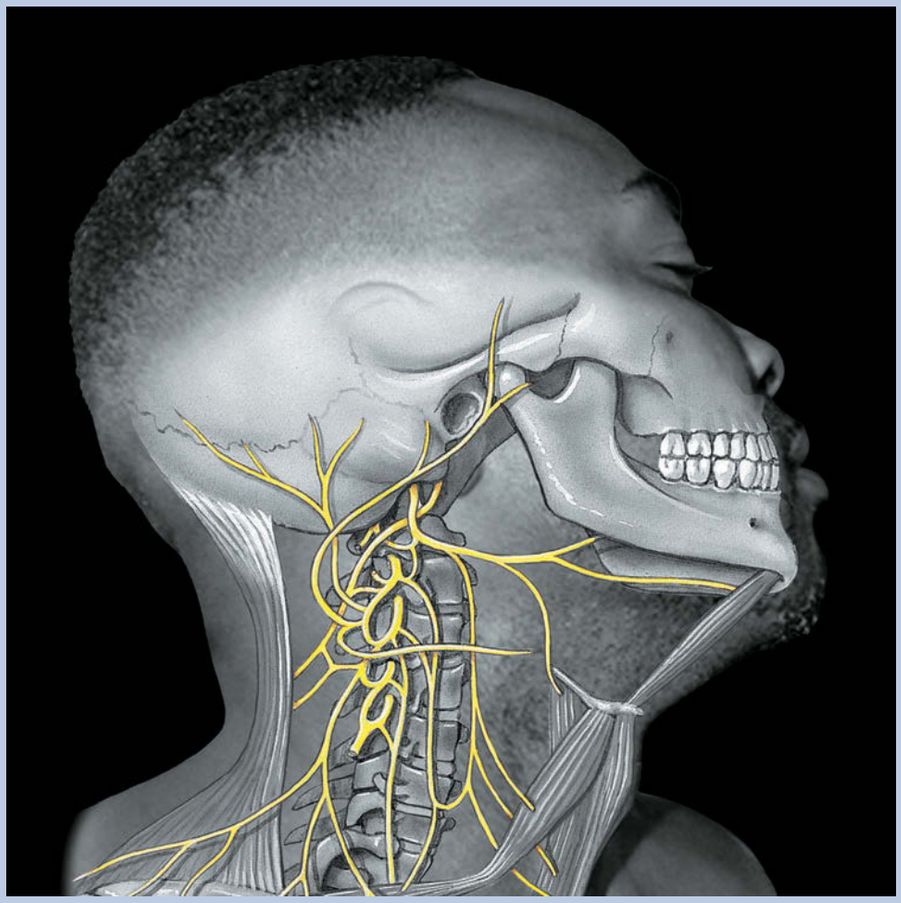
2. Uma menina de 8 anos sofreu um corte no cotovelo ao bater contra uma vidraça enquanto andava de patins. Esta lesão causou apenas danos musculares leves, porém causou uma lesão parcial grave de um nervo do braço. O que é mais provável que aconteça com os axônios lesados e o que acontecerá com a menina em relação ao restabelecimento normal da função do nervo e do controle muscular?

3. Eva recebeu um diagnóstico de meningite. O médico informou a seu pai que serão necessárias altas doses de antibióticos para tratá-la. O pai deduz que essas altas doses são necessárias porque o estado de sua filha é grave. Ele está correto? Se não, por que essas altas doses são necessárias para o tratamento desta doença?

14

O Sistema Nervoso

A Medula Espinal e os Nervos Espinais



Introdução 362

Anatomia macroscópica da medula espinal 362

Meninges espinais 362

Anatomia seccional da medula espinal 367

Nervos espinais 369

Reflexos 376

OBJETIVOS DO CAPÍTULO:

1. Discutir a estrutura e as funções da medula espinal.
2. Localizar as meninges espinais e descrever suas estruturas e funções.
3. Discutir a estrutura e a localização da substância cinzenta e da substância branca, e descrever as funções de ambas no processamento e na transmissão de informações sensitivas e motoras.
4. Identificar os grupos regionais dos nervos espinais.
5. Descrever as camadas de tecido conectivo associado com um nervo espinal.
6. Descrever os vários ramos de um nervo espinal típico.
7. Definir dermátomos e explicar sua importância.
8. Definir *plexo nervoso* e identificar os quatro principais plexos nervosos espinais.
9. Identificar os nervos espinais originados dos quatro principais plexos nervosos, listar seus ramos principais e indicar suas funções primordiais.
10. Descrever as estruturas e as etapas envolvidas no reflexo nervoso, classificar os reflexos e identificar seus componentes estruturais.
11. Exemplificar tipos de respostas motoras produzidas por reflexos espinais.

O **sistema nervoso central (SNC)** é constituído pela *medula espinal* e pelo *encéfalo*. Apesar de serem anatomicamente conectados, a medula espinal e o encéfalo apresentam um grau significativo de independência funcional. A medula espinal é muito mais do que apenas uma via para transmissão de informação ao encéfalo ou a partir dele. Embora a maioria das informações sensitivas seja transmitida para o encéfalo, a medula espinal também integra e processa informação por si mesma. Este capítulo descreve a anatomia da medula espinal e examina as atividades integrativas que ocorrem nesta parte do SNC.

Anatomia macroscópica da medula espinal [Figuras 14.1 a 14.3]

A medula espinal de um indivíduo adulto (Figura 14.1a) mede aproximadamente 45 cm de comprimento e se estende desde o forame magno do crânio até a margem inferior da primeira vértebra lombar (L I). A superfície posterior da medula espinal possui um sulco longitudinal raso, o **sulco mediano posterior**. Uma prega profunda ao longo da superfície anterior é a **fissura mediana anterior** (Figura 14.1d). Cada parte da medula espinal (cervical, torácica, lombar e sacral) contém tratos envolvidos com esta parte em particular e outros associados a ela. A Figura 14.1d oferece uma série de cortes transversais que mostram as variações na massa relativa de substância cinzenta em relação à substância branca ao longo da extensão da medula espinal.

A quantidade de substância cinzenta é significativamente maior nos segmentos medulares relacionados à inervação sensitiva e motora dos membros. Estas áreas contêm interneurônios responsáveis por transmitir a informação sensitiva e coordenar as atividades dos neurônios motores somáticos que controlam os complexos músculos dos membros. Tais áreas da medula espinal são expandidas e formam as **intumescências** da medula espinal, observadas na Figura 14.1a. A **intumescência cervical** origina nervos para o cíngulo do membro superior e membros superiores; a **intumescência lombossacral** dá origem à inervação das estruturas da pelve e membros inferiores. Inferiormente à intumescência lombossacral, a medula espinal afila-se em uma extremidade cônica, denominada **cone medular**, no nível da primeira vértebra lombar ou inferiormente a ela. Um delgado filamento de tecido fibroso, a **parte pial do filamento terminal**, se estende desde a extremidade inferior do cone medular, ao longo da extensão do canal vertebral, até a face posterior do cóccix (Figura 14.1a,c). Nesse local, ela fornece sustentação longitudinal para a medula espinal, com o outro componente, a *parte dural do filamento terminal**.

A medula espinal pode ser dividida em 31 segmentos. Cada segmento é identificado por uma letra e uma designação numérica**. Por exemplo, C3 é o terceiro segmento cervical (Figura 14.1a).

A todo segmento espinal está associado um par de **gânglios sensitivos de nervos espinais**, que contém os corpos celulares dos neurônios sensitivos. Esses gânglios sensitivos estão localizados entre os pedículos das vértebras adjacentes. ∞ pág. 161 Em cada lado da medula espinal, uma **raiz posterior** típica contém os axônios dos neurônios sensitivos, cujos corpos celulares encontram-se nos gânglios sensitivos de nervos espinais (Figura 14.1b,c). À frente de uma raiz posterior, uma **raiz anterior** origina-se a partir da medula espinal. A raiz anterior contém os axônios dos neurônios motores somáticos e, em alguns níveis, neurônios motores viscerais que controlam efetuadores periféricos. As raízes posteriores e anteriores de cada segmento penetram e deixam o canal vertebral entre as vértebras adjacentes, nos *forames intervertebrais*. ∞ pág. 162 As raízes posteriores são geralmente mais grossas do que as raízes anteriores.

Distalmente a cada gânglio sensitivo de nervo espinal, as fibras sensitivas e motoras formam um único **nervo espinal** (Figuras 14.1d, 14.2c e 14.3). Os nervos espinais são classificados como **nervos mistos** porque contêm fibras aferentes (sensitivas) e fibras eferentes (motoras). A Figura 14.3 mostra os nervos espinais conforme emergem dos forames intervertebrais.

A medula espinal continua a se alargar e se alongar até que o indivíduo atinja aproximadamente 4 anos de idade. Até essa idade, o alongamento da medula espinal acompanha o ritmo de crescimento da coluna vertebral, e os segmentos da medula espinal estão alinhados com as vértebras correspondentes***. As raízes anteriores e posteriores são curtas e deixam o canal vertebral através dos forames intervertebrais adjacentes. Após os quatro anos de idade, a coluna vertebral continua a crescer, mas a medula espinal, não****. Este crescimento da coluna vertebral desloca os gânglios sensitivos de nervos espinais e os nervos espinais, afastando-os cada vez mais de sua localização original em relação à medula espinal. Como resultado, as raízes posteriores e anteriores gradualmente se alongam. A medula espinal de um indivíduo adulto se estende somente até o nível da primeira ou da segunda vértebra lombar; dessa maneira, o segmento S2 da medula espinal localiza-se no nível da vértebra L I (Figura 14.1a).

Quando vistos em dissecação macroscópica, o filamento terminal e as longas raízes posteriores e anteriores, que se estendem inferiormente ao cone medular, fizeram com que os primeiros anatomistas lembrassem da cauda de um cavalo. Por esse motivo, este complexo foi denominado **cauda eqüina** (*equus*, cavalo) (Figura 14.1a,c).

Meninges espinais

[Figuras 14.1b,c/14.2/14.4]

A coluna vertebral e seus ligamentos circundantes, tendões e músculos isolam a medula espinal do ambiente externo. Os delicados tecidos nervosos também precisam ser protegidos do contato com as paredes ósseas do canal vertebral, que pode causar danos mecânicos. Membranas especializadas, coletivamente conhecidas como **meninges espinais**, proporcionam proteção, estabilidade física e absorção de impactos (Figura 14.1b,c). As meninges espinais recobrem a medula espinal e envolvem as raízes dos nervos espinais (Figura 14.2). Ramificações de vasos sangüíneos no interior destas camadas também levam oxigênio e nutrientes para a medula espinal. Existem três lâminas meníngeas: *dura-máter, aracnóide-máter* e *pia-máter*. No forame magno do crânio, as meninges espinais são contínuas às **meninges encefálicas**, que circundam o encéfalo. (As meninges encefálicas, que possuem as mesmas três camadas, serão descritas no Capítulo 15.)

A dura-máter [Figuras 14.1b,c/14.2]

A **dura-máter** (*dura*, resistente + *mater*, mãe), resistente e fibrosa, forma o revestimento mais externo da medula espinal e do encéfalo (Figura 14.1b,c). A dura-máter espinal consiste em uma camada de tecido conectivo denso irregular cujas superfícies externas e internas estão recobertas por epitélio pavimentoso simples. O epitélio externo não está ligado às paredes ósseas do canal vertebral, e o **espaço epidural** interposto contém tecido areolar, vasos sangüíneos e tecido adiposo (Figura 14.2d).

* N. de R.T. No original, *coccygeal ligament* ou ligamento coccígeo. Na Terminologia Anatômica internacional, há três termos para designar esta estrutura (todos traduzidos para o inglês), contrariando a norma do termo único: *ligamento coccígeo*, *parte dural do filamento terminal* e *filamento terminal externo*. Na tradução para o português, o termo escolhido foi *parte dural do filamento terminal*. O filamento terminal também está constituído pela parte pial.

** N. de R.T. Esta sistematização é também conhecida como taxonomia medular.

*** N. de R.T. Esta afirmação está correta apenas até o terceiro mês de gestação. No recém-nascido, a medula espinal termina no nível de L3, existindo um ritmo diferenciado de crescimento para as estruturas nervosas e ósseas.

**** N. de R.T. Outra afirmação incorreta: a medula espinal desacelera progressivamente seu crescimento a partir dos 4 anos, mas continua crescendo até os 7 anos de idade.

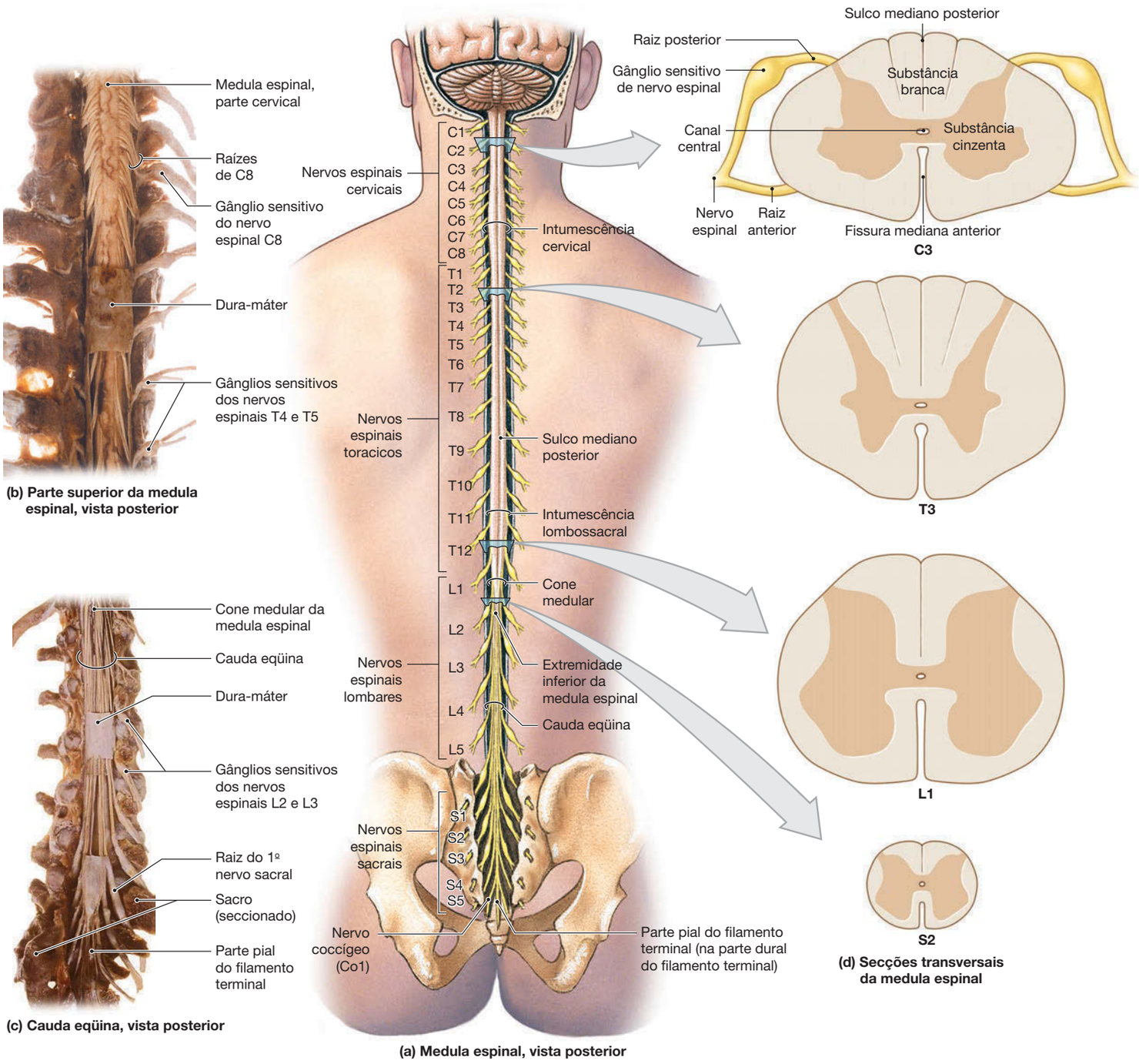
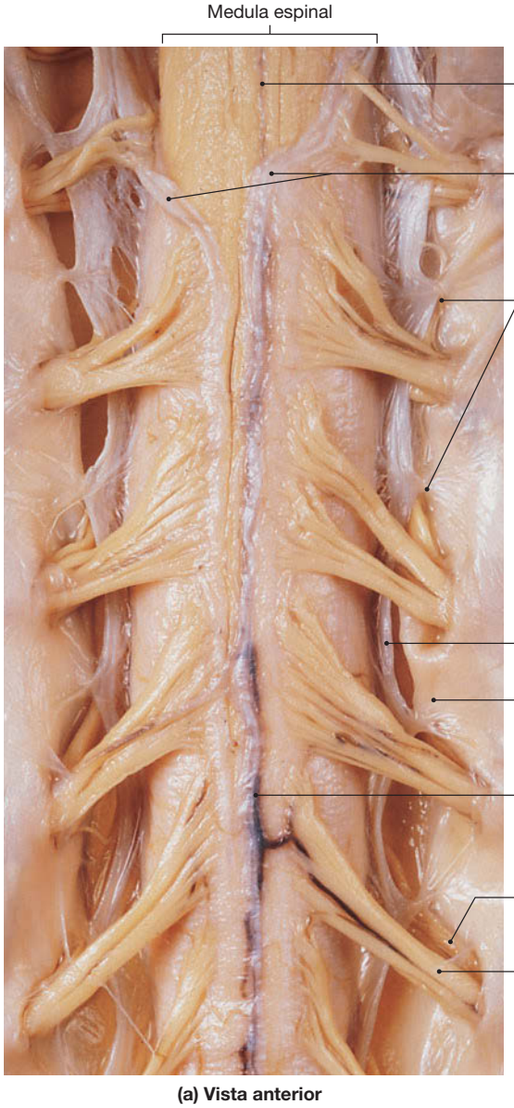
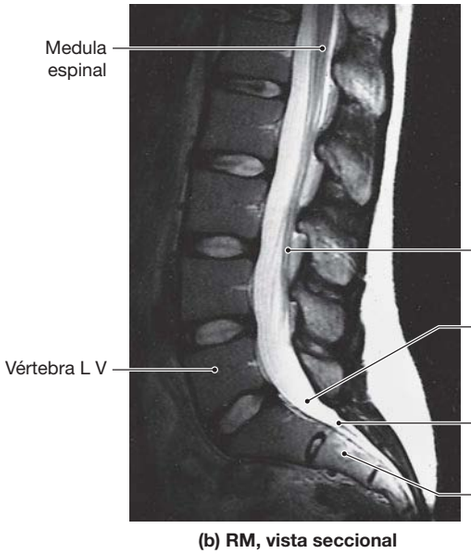


Figura 14.1 Anatomia macroscópica da medula espinal.
A medula espinal se estende inferiormente desde a base do encéfalo e ao longo do canal vertebral. **(a)** Anatomia de superfície e orientação da medula espinal de um indivíduo adulto. Os números indicados à esquerda identificam os nervos espinais e indicam o local em que as raízes do nervo deixam o canal vertebral. A medula espinal, contudo, se estende desde o encéfalo somente até o nível das vértebras L I-L I. **(b)** Vista posterior de uma dissecação da parte cervical da medula espinal. **(c)** Vista posterior de uma dissecação do cone medular, da cauda eqüina, do filamento terminal e das raízes dos nervos espinais associados. **(d)** Vistas inferiores de secções transversais de segmentos típicos da medula espinal, mostrando a disposição das substâncias branca e cinzenta.

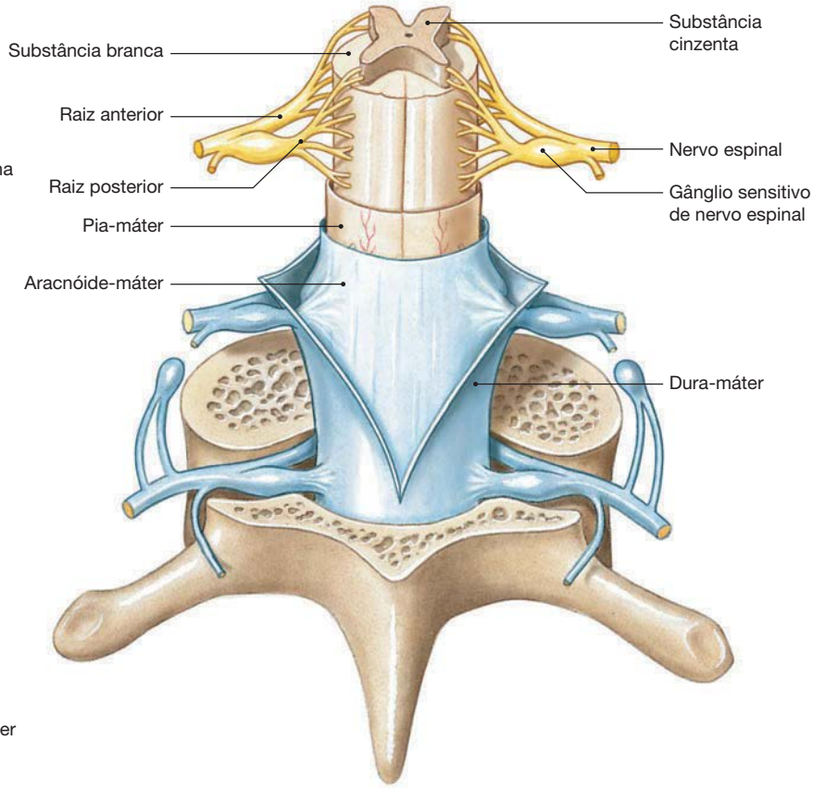
Fixações localizadas da dura-máter à margem do forame magno do crânio, à segunda e à terceira vértebras cervicais, ao sacro e ao ligamento longitudinal posterior servem para estabilizar a medula espinal no interior do canal vertebral. No sentido inferior, a dura-máter espinal torna-se mais afilada, originando-se como uma lâmina para se tornar um denso feixe de fibras colágenas, que finalmente se mistura com os componentes do filamento terminal para formar a **parte dural do filamento terminal**. O filamento terminal se estende ao longo do canal sacral e se entrelaça com o periósteo do sacro e do cóccix. As fixações sacrais e cranianas conferem estabilidade longitudinal. A sustentação lateral é fornecida pelos tecidos conectivos no interior do espaço epidural e por extensões da dura-máter que acompanham as raízes dos nervos espinais, conforme passam pelos forames intervertebrais. Distalmente, o tecido conectivo da dura-máter espinal é contínuo à lâmina de tecido conectivo que envolve cada nervo espinal (Figura 14.2a,c,d).



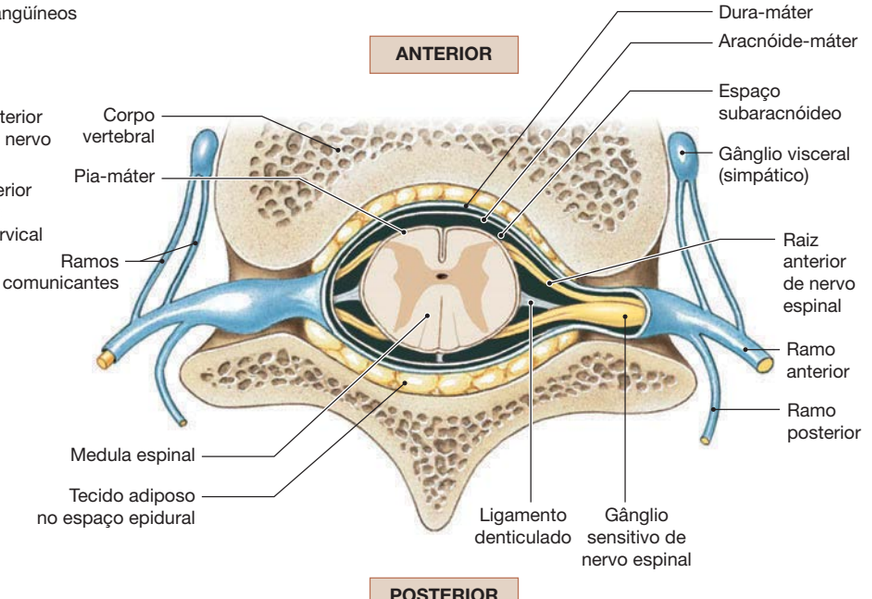
(a) Vista anterior



(b) RM, vista seccional



(c) Vista posterior



(d) Vista seccional

Figura 14.2 Medula espinal e meninges espinais.
(a) Vista anterior da medula espinal mostrando meninges e nervos espinais. Nesta imagem, as meninges dura-máter e aracnóide-máter foram seccionadas longitudinalmente e tracionadas lateralmente; observe os vasos sangüíneos que fazem trajeto no espaço subaracnóideo, ligados à superfície externa da delicada pia-máter. **(b)** Uma imagem de ressonância magnética (RM) da parte inferior da medula espinal mostrando suas relações com a coluna vertebral. **(c)** Vista posterior da medula espinal, mostrando as lâminas meníngeas, referências superficiais e distribuição das substâncias branca e cinzenta. **(d)** Vista seccional da medula espinal e das meninges, mostrando a distribuição periférica dos nervos espinais.

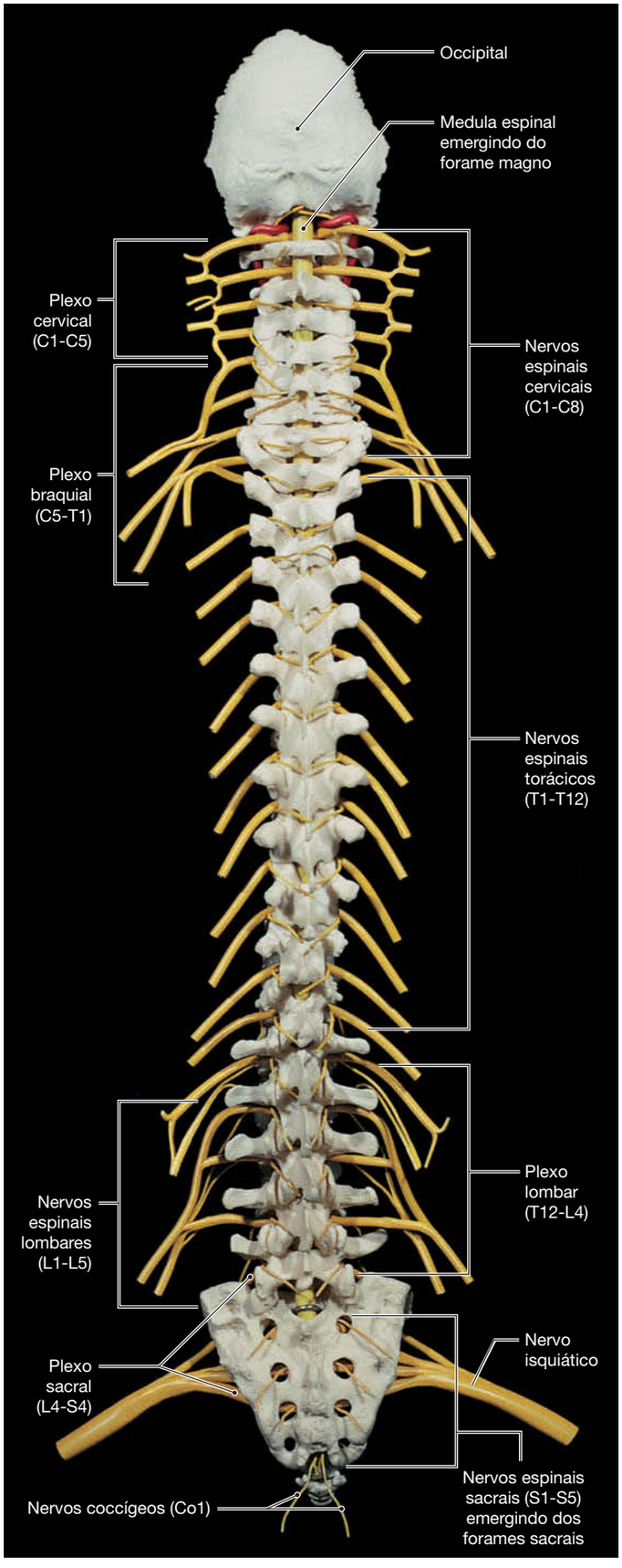


Figura 14.3 **Vista posterior da coluna vertebral e dos nervos espinais.**

A aracnóide-máter [Figuras 14.2a,c,d/14.4]

Na maioria das preparações anatômicas e histológicas, um **espaço subdural** estreito separa a dura-máter das lâminas meníngeas mais profundas. É provável, porém, que *in vivo* esse espaço não exista e que a superfície interna da dura-máter esteja em contato com a superfície externa da **aracnóide-máter** (*arachne*, aranha) (Figura 14.2a,c). A aracnóide-máter, lâmina meníngea intermediária, consiste em um epitélio pavimentoso simples. Ela está separada da lâmina mais interna, a *pia-máter*, pelo **espaço subaracnóideo.** Esse espaço contém o **líquido cerebrospinal (LC)**, que atua na proteção contra impactos e como um meio de difusão para gases dissolvidos, nutrientes, mensageiros químicos e produtos residuais. O líquido cerebrospinal corre através de uma rede de fibras colágenas e de elastina, produzidas por fibroblastos modificados. Feixes de fibras, conhecidos como *trabéculas aracnóideas*, se estendem desde a superfície interna da aracnóide-máter até a superfície externa da pia-máter. O espaço subaracnóideo e a função do líquido cerebrospinal serão discutidos no Capítulo 15. O espaço subaracnóideo das meninges espinais pode ser facilmente acessado entre as vértebras L III e L IV (Figura 14.4) para exame clínico do líquido cerebrospinal ou para administração de anestésicos.

A pia-máter [Figura 14.2]

O espaço subaracnóideo situa-se entre o epitélio da aracnóide-máter e a lâmina meníngea mais interna, a **pia-máter** (*pia,* delicada + *mater,* mãe) como se observa na Figura 14.2a,c,d. As fibras colágenas e elásticas da pia-máter estão entrelaçadas com aquelas das trabéculas aracnóideas. Os vasos sangüíneos que suprem a medula espinal são encontrados nesse local. A pia-máter está firmemente ligada ao tecido nervoso subjacente, moldando-se às suas saliências e reentrâncias. A superfície da medula espinal consiste em uma fina camada de astrócitos, e extensões citoplasmáticas destas células da glia mantêm firmemente as fibras colágenas da pia-máter espinal em posição.

Ao longo do comprimento da medula espinal, existem pares de extensões da pia-máter espinal, denominados **ligamentos denticulados** (Figura 14.2a,d), que ligam a pia-máter e a aracnóide-máter à dura-máter. Esses ligamentos originam-se ao longo da medula espinal e de cada um de seus lados, entre as raízes posterior e anterior. Eles originam-se no nível do forame magno do crânio e, coletivamente, ajudam a evitar o movimento látero-lateral e o movimento inferior da medula espinal. As fibras de tecido conectivo da pia-máter espinal se continuam desde a extremidade inferior do cone medular e formam a parte pial do filamento terminal. Conforme observado anteriormente, essa parte do filamento terminal mescla-se à parte dural do mesmo; este arranjo evita o movimento superior da medula espinal.

As meninges espinais circundam as raízes posteriores e anteriores no interior dos forames intervertebrais. Como se observa na Figura 14.2c,d, as meninges são contínuas ao tecido conectivo que circunda os nervos espinais e seus ramos periféricos.

REVISÃO DOS CONCEITOS

1. A lesão de qual das raízes de um nervo espinal poderia interferir na função motora?
2. Identifique a localização do líquido cerebrospinal que envolve a medula espinal.
3. Quais são as duas intumescências espinais? Por que estas regiões da medula espinal apresentam diâmetro aumentado?
4. O que se encontra no interior de um gânglio sensitivo de nervo espinal?

Veja a seção de Respostas na parte final do livro.

Nota clínica

Punções espinais, mielografia, anestesia espinal e anestesia caudal Amostras teciduais ou *biópsias* são retiradas de vários órgãos para auxiliar no diagnóstico. Por exemplo, quando se suspeita de doenças do fígado ou da pele, pequenas amostras de tecido ou líquido tissular são removidas e examinadas à procura de lesões celulares ou de microrganismos causadores de infecção. Diferentemente de outros tecidos, entretanto, o tecido nervoso é composto de um número de células muito maior do que a quantidade de líquidos extracelulares ou de fibras. Amostras teciduais raramente são removidas para análise porque quaisquer neurônios retirados ou danificados não serão repostos. Em vez disso, pequenos volumes de líquido cerebrospinal (LC) são coletados e analisados. O LC está intimamente associado ao tecido nervoso do SNC, e patógenos, restos celulares e resíduos metabólicos no SNC são detectados no líquido cerebrospinal.

A retirada de líquido cerebrospinal, conhecida como **punção espinal**, deve ser feita com cuidado para se evitar uma lesão medular. A medula espinal de um indivíduo adulto se estende apenas até as vértebras L I ou L II. Entre a vértebra L II e o sacro, as lâminas meníngeas permanecem intactas, porém envolvem apenas os componentes relativamente firmes da cauda eqüina, além de uma quantidade significativa de líquido cerebrospinal. Com a coluna vertebral flexionada, uma agulha pode ser inserida no interior do espaço subaracnóideo, entre as vértebras lombares mais inferiores, com risco mínimo à cauda eqüina. Neste procedimento, conhecido como **punção lombar (PL)**, 3 a 9 mL de líquido são retirados do espaço subaracnóideo, entre as vértebras L III e L IV (Figura 14.4a). Punções espinais* são feitas quando se suspeita de infecção do SNC, ou para o diagnóstico de cefaléias graves, patologias discais, alguns tipos de acidentes vasculares encefálicos e outros estados mentais alterados.

A **mielografia** envolve a introdução de corante radiopaco no interior do LC do espaço subaracnóideo. Como estes corantes são opacos aos raios X, o LC aparece em cor branca nas radiografias (Figura 14.4b).

Os contornos de qualquer inflamação, tumor ou aderência que distorçam ou desviem a circulação do LC ficarão evidentes aos raios X. Analgésicos e/ou anestésicos locais podem ser injetados no espaço subaracnóideo. Nos casos de infecção grave, inflamação ou leucemia (câncer dos glóbulos brancos), também podem ser injetados antibióticos, esteróides ou drogas anticancerígenas.

Anestésicos podem ser usados para controlar a função de nervos espinais em localizações específicas. A injeção de um anestésico local ao redor de um nervo espinal produz um bloqueio temporário das funções sensitiva e motora do nervo. Esse procedimento pode ser realizado perifericamente, como, por exemplo, para suturar lacerações da pele, ou em locais ao redor da medula espinal, para se obter efeitos anestésicos em áreas mais amplas. Uma *anestesia epidural*** – injeção de anestésico no espaço epidural – tem a vantagem de (1) afetar somente os nervos na área imediatamente contígua à injeção e (2) fornecer principalmente anestesia sensitiva. Se um cateter é mantido neste local, a injeção contínua permite efeito anestésico prolongado. A anestesia epidural pode ser de difícil realização nas regiões cervicais superiores e torácicas médias, nas quais o espaço epidural é extremamente estreito. Ela é mais efetiva na região lombar inferior, abaixo do cone medular, porque o espaço epidural é um pouco mais amplo.

A **anestesia caudal***** envolve a introdução do anestésico no espaço epidural do sacro. A injeção neste local paralisa e anestesia as estruturas abdominais inferiores e perineais. A anestesia caudal pode ser usada para aliviar a dor durante o trabalho de parto, mas a anestesia epidural lombar é freqüentemente preferida.

Anestésicos locais também podem ser introduzidos em dose única no interior do espaço subaracnóideo da medula espinal. Este procedimento é conhecido como "anestesia raquidiana". No entanto, os efeitos incluem paralisia muscular temporária e perda de sensibilidade, que tende a se propagar conforme a movimentação do líquido cerebrospinal distribui o anestésico ao longo da medula espinal. Problemas de superdosagem raramente são graves porque o controle da posição do paciente durante a administração pode limitar, até certo ponto, a distribuição da droga. Além disso, como os músculos respiratórios diafragmáticos são controlados por nervos cervicais superiores, a respiração se mantém mesmo que todos os segmentos torácicos e abdominais tenham sido paralisados.

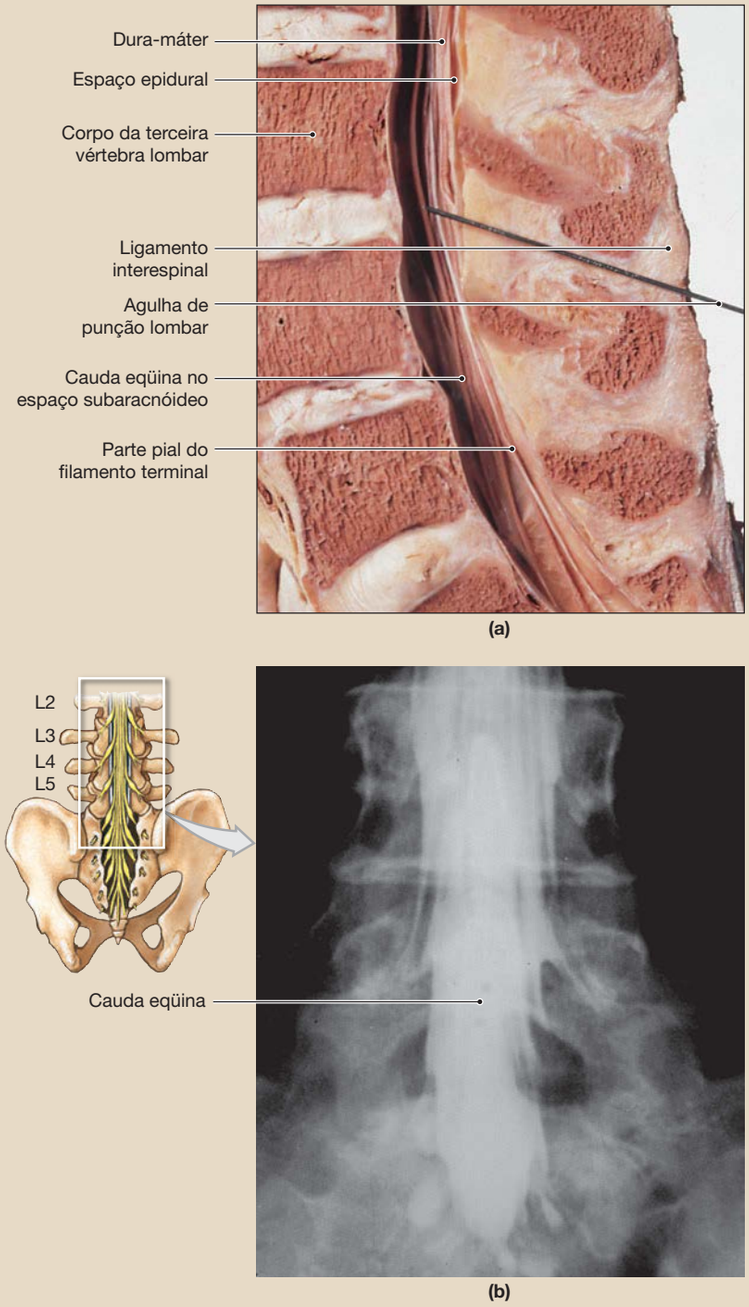


Figura 14.4 Punções espinais e mielografia.
(a) A agulha de punção lombar está posicionada no interior do espaço subaracnóideo, nas proximidades dos nervos da cauda eqüina. A agulha foi inserida na linha média, entre os processos espinhosos da terceira e da quarta vértebras lombares, tendo sido inclinada superiormente para formar um ângulo na direção do umbigo. Uma vez que a agulha punciona corretamente a dura-máter e penetra no espaço subaracnóideo, uma amostra do LC pode ser obtida. **(b)** Uma mielografia – radiografia da medula espinal após introdução de um contraste radiopaco no LC – mostrando a cauda eqüina na região lombar inferior.

* N. de R.T. Além da punção lombar, também pode ser realizada a *punção suboccipital*, entre o occipital e o atlas (C1).
** N. de R.T. Os anestesistas costumam usar os termos *anestesia* ou *bloqueio peridural*.
*** N. de R.T. Os anestesistas costumam usar os termos *bloqueio caudal* ou *bloqueio sacral*.

Anatomia seccional da medula espinal [Figura 14.5]

A fissura mediana anterior e o sulco mediano posterior são referências anatômicas longitudinais que seguem a divisão entre os lados direito e esquerdo da medula espinal (Figura 14.5). Existe uma massa central de **substância cinzenta**, em forma de H, onde predominam corpos celulares de neurônios e células da glia. A substância cinzenta envolve o estreito **canal central**, localizado na faixa horizontal do H. As projeções da substância cinzenta em direção à superfície externa da medula espinal são denominadas **colunas** (Figura 14.5a,b). A substância branca localizada na periferia contém um grande número de axônios mielínicos e amielínicos, organizados em *funículos* e *tratos*. pág. 345

Organização da substância cinzenta [Figura 14.5b,c]

Os corpos celulares de neurônios na substância cinzenta da medula espinal estão organizados em grupos, denominados *núcleos*, com funções específicas. Os **núcleos sensitivos** recebem e transmitem informações sensitivas de receptores periféricos, como os receptores do tato localizados na pele. Os **núcleos motores** emitem comandos para efetuadores periféricos, como os músculos esqueléticos (Figura 14.5b). Núcleos sensitivos e motores podem se estender por uma distância considerável ao longo da extensão da medula espinal. Uma secção frontal, ao longo do eixo do canal central, separa os núcleos sensitivos (posteriores) dos núcleos motores (anteriores). As **colunas posteriores** contêm núcleos sensitivos somáticos e viscerais, enquanto as **colunas anteriores** contêm neurônios relacionados ao controle motor somático. Os **cornos laterais**, encontrados entre os segmentos T1 e L2, contêm neurônios motores viscerais. As **comissuras brancas** (*comissura*, uma região de ligação ou união de duas estruturas) contêm axônios que cruzam a medula, de um lado a outro, antes de encontrarem um destino no interior da substância cinzenta (Figura 14.5b). Existem duas comissuras cinzentas, uma posterior e uma anterior ao canal central.

A Figura 14.5b mostra a relação entre a função de um determinado núcleo (sensitivo ou motor) e sua posição relativa no interior da substância cinzenta da medula espinal. Os núcleos sensitivos estão organizados no interior da substância branca, de modo tal que as fibras que penetram na medula mais inferiormente (como as da perna ou do quadril) estão localizadas mais medialmente do que as fibras que penetram na medula vindas de um nível mais superior (tronco ou braço). Os núcleos situados dentro de cada coluna de substância cinzenta também estão altamente organizados. Os núcleos motores estão organizados de modo tal que os nervos que suprem os músculos esqueléticos das estruturas mais proximais (como tronco e ombro) estão localizados mais medialmente dentro da substância cinzenta do que os núcleos que suprem os músculos esqueléticos das estruturas mais distais (antebraço e mão). A Figura 14.5b,c ilustra a distribuição dos núcleos motores somáticos nas colunas anteriores da intumescência cervical. O tamanho das colunas anteriores varia de acordo com o número de músculos esqueléticos inervados por tais segmentos. Dessa maneira, as colunas anteriores são maiores nas regiões cervical e lombar, que controlam os músculos associados aos membros.

Organização da substância branca [Figura 14.5]

A substância branca pode ser dividida em regiões, ou **funículos** (Figura 14.5c). Os **funículos posteriores** estão interpostos entre as colunas posteriores e o sulco mediano posterior. Os **funículos anteriores** estão situados entre as colunas anteriores e a fissura mediana anterior; eles estão interconectados pela **comissura branca anterior**. Em cada lado, a substância branca entre a coluna anterior e a coluna posterior representa os **funículos laterais**.

Cada funículo contém **tratos,** ou *fascículos*, cujos axônios compartilham características funcionais e estruturais (os tratos específicos estão detalhados no Capítulo 16). Um trato específico transmite informações sensitivas e comandos motores, e os axônios no interior de um trato são relativamente uniformes quanto ao diâmetro, à mielinização e à velocidade de condução de impulsos. Todos os axônios em um mesmo trato conduzem informações na mesma direção. Pequenos tratos intersegmentares transmitem sinais sensitivos ou motores entre segmentos da medula espinal; outros tratos maiores conectam a medula espinal ao encéfalo. **Tratos ascendentes** conduzem informações sensitivas em direção ao encéfalo, e **tratos descendentes** transmitem comandos motores para o interior da medula espinal. No interior de cada funículo, os tratos são separados de acordo com o destino da informação motora ou a fonte da informação sensitiva que estão sendo transmitidas. Como resultado, os tratos apresentam uma organização regional comparável à encontrada nos núcleos da substância cinzenta (Fi-

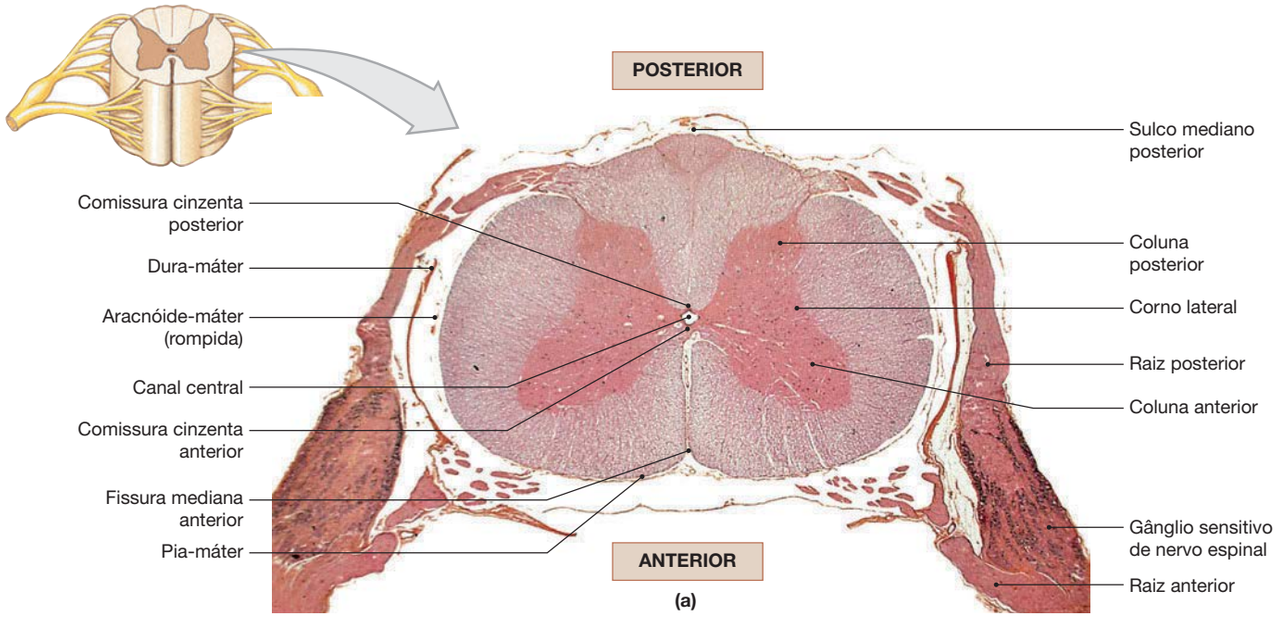
Nota clínica

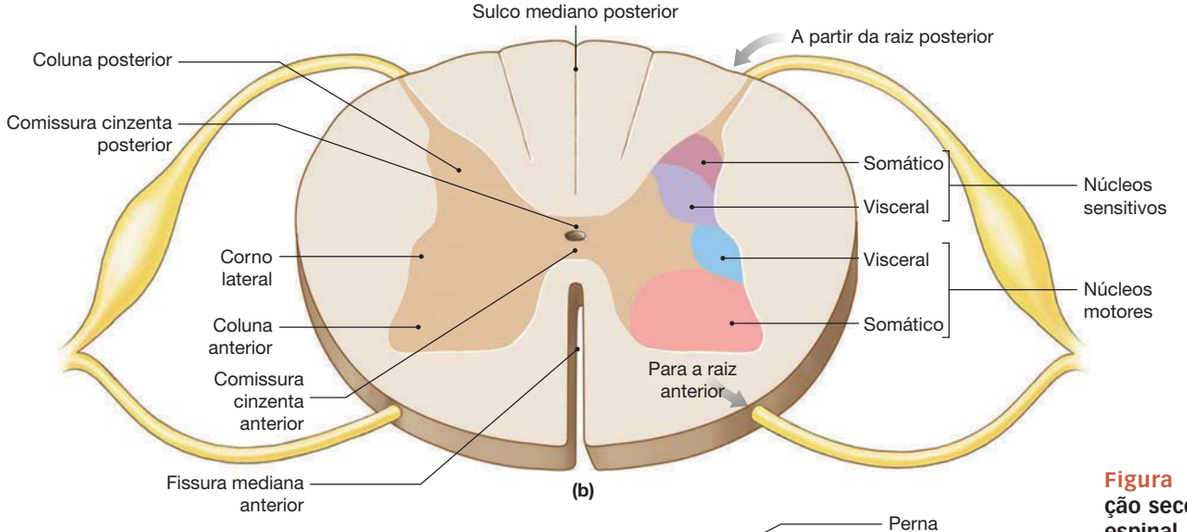
Lesões na medula espinal As lesões que atingem a medula espinal produzem sintomas de perdas sensitivas ou paralisias motoras que refletem os núcleos e tratos envolvidos. No início, qualquer lesão grave à medula espinal produz um período de paralisia sensitiva e motora denominada **choque medular.** Os músculos esqueléticos tornam-se flácidos, observa-se ausência das funções reflexas somáticas e viscerais e o encéfalo não recebe sensações de tato, dor, calor ou frio. A localização e a gravidade da lesão determinam a extensão e a duração destes sintomas, além do grau de recuperação.

Traumatismos violentos, como aqueles associados a pancadas ou ferimentos por arma de fogo, podem causar **concussão medular** sem lesão visível da medula espinal. A concussão medular produz um período de choque medular, mas os sintomas são somente temporários e a recuperação pode ser completa em questão de horas. Lesões mais sérias, como lesões por rebote ("lesão em chicote") ou quedas, geralmente envolvem danos físicos à medula espinal. Na **contusão medular**, ocorrem hemorragias nas meninges e no interior da medula espinal, há um aumento da pressão do líquido cerebrospinal e a substância branca da medula espinal pode se degenerar no local da lesão. A recuperação gradual, após um período de semanas, pode deixar algumas seqüelas funcionais. A recuperação de uma **laceração espinal** por fragmentos vertebrais ou por outros corpos estranhos será geralmente mais lenta e menos completa. A **compressão espinal** ocorre quando a medula espinal é comprimida ou deformada no interior do canal vertebral. Em uma **transecção (ou transfixação)**, a medula espinal é completamente danificada. Procedimentos cirúrgicos usuais não são capazes de restaurar a medula espinal lesada, porém técnicas experimentais em ratos de laboratório têm apresentado resultados positivos na recuperação parcial de suas funções.

As lesões medulares muitas vezes envolvem alguma combinação de compressão, laceração, contusão e transecção parcial*. O alívio da pressão e a estabilização da área afetada por meio de procedimentos cirúrgicos podem evitar outras lesões e permitir que a medula espinal afetada se recupere tanto quanto possível. Lesões extensas no nível ou acima da quarta ou quinta vértebra cervical eliminarão a sensibilidade e o controle motor dos membros superiores e inferiores. A extensa paralisia produzida é denominada **quadriplegia****. Se a lesão se estende de C3 a C5, a paralisia motora incluirá todos os principais músculos respiratórios e, em geral, o paciente necessitará de assistência mecânica para a respiração. A **paraplegia**, perda do controle motor dos membros inferiores, pode ser o resultado de lesões de vértebras torácicas e da medula espinal. Lesões em vértebras lombares inferiores podem comprimir ou distorcer os elementos da cauda eqüina, causando problemas na função dos nervos periféricos.

* N. de R.T. A transecção de uma metade da medula espinal, ou hemissecção, é conhecida como síndrome de Brown-Séquard.
** N. de R.T. Ou tetraplegia.





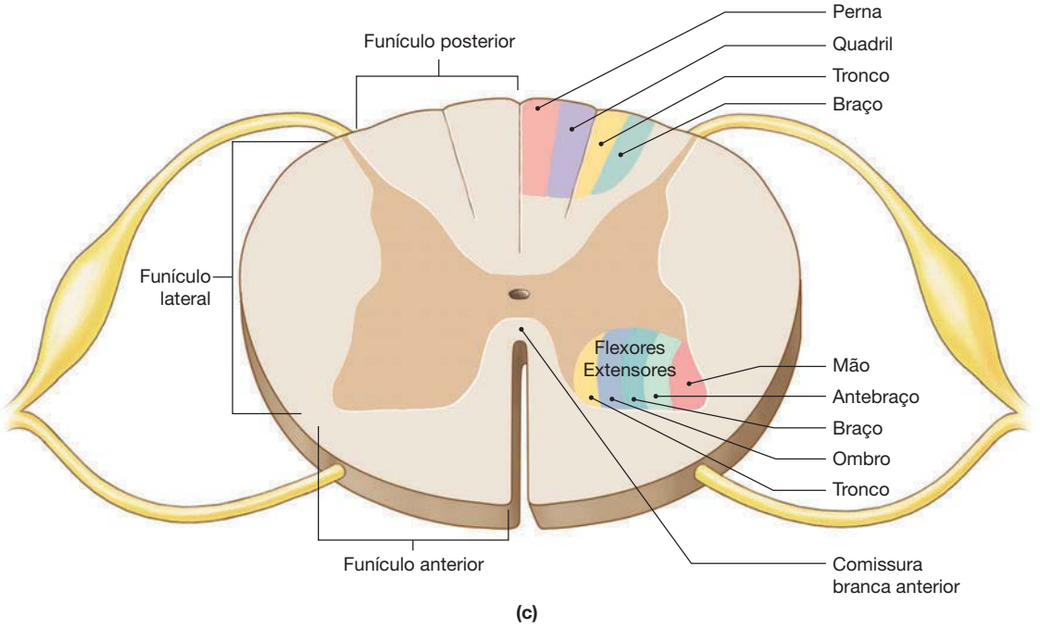


Figura 14.5 Organização seccional da medula espinal.
(a) Histologia da medula espinal, secção transversal. **(b)** A metade esquerda desta vista seccional mostra importantes referências anatômicas; a metade direita indica a organização funcional da substância cinzenta na coluna anterior, no corno lateral e na coluna posterior. **(c)** A metade esquerda desta vista seccional mostra os principais funículos da substância branca. A metade direita indica a organização anatômica dos tratos sensitivos no funículo posterior, para comparação com a organização dos núcleos motores na coluna anterior. Note que tanto os componentes sensitivos quanto os componentes motores da medula espinal apresentam uma organização regional definida.

gura 14.5b,c). As identidades dos principais tratos do SNC serão discutidas quando considerarmos as vias sensitivas e motoras no Capítulo 16.

REVISÃO DOS CONCEITOS

1. Um paciente com poliomielite perdeu a função dos músculos da perna. Em que área da medula espinal você espera localizar os neurônios motores infectados pelos vírus neste indivíduo?
2. Como a substância branca está organizada no interior da medula espinal?
3. Qual é o termo usado para descrever as projeções de substância cinzenta em direção à superfície externa da medula espinal?
4. Qual é a diferença entre tratos ascendentes e tratos descendentes na substância branca?

Veja a seção de Respostas na parte final do livro.

Nervos espinais [Figuras 14.1/14.6]

Existem 31 pares de nervos espinais: 8 nervos espinais cervicais, 12 torácicos, 5 lombares, 5 sacrais e 1 nervo coccígeo. Cada um pode ser identificado por sua associação com as vértebras adjacentes. Cada nervo espinal apresenta uma taxonomia medular, conforme indica a Figura 14.1, pág. 363.

Na região cervical, o primeiro par de nervos espinais, C1, emerge entre o crânio e a primeira vértebra cervical. Por essa razão, os nervos cervicais são nomeados de acordo com a vértebra imediatamente *seguinte* a eles. Em outras palavras, o nervo C2 *precede a* vértebra C II, e o mesmo sistema é utilizado para o restante dos nervos cervicais. A mudança deste método de identificação ocorre entre a última vértebra cervical e primeira vértebra torácica. O nervo espinal localizado entre essas duas vértebras foi designado como C8 e é apresentado na Figura 14.1b. Assim, existem sete vértebras cervicais, mas *oito* nervos cervicais. Os nervos espinais situados inferiormente à primeira vértebra torácica são nomeados de acordo com a vértebra imediatamente *precedente* a eles. Assim, a origem do nervo T1 é imediatamente inferior à vértebra T I, o nervo T2 emerge inferiormente à vértebra T II, e assim por diante.

Cada nervo periférico apresenta três camadas de tecido conectivo: uma externa, o *epineuro*, uma central, o *perineuro*, e uma interna, o *endoneuro* (Figura 14.6). Essas camadas são comparáveis às camadas de tecido conectivo associadas aos músculos esqueléticos. pág. 238 O **epineuro** é uma bainha fibrosa resistente que forma a camada mais externa de um nervo periférico; consiste em tecido conectivo irregular denso, composto principalmente de fibras colágenas e fibrócitos. Em cada forame intervertebral, o epineuro de um nervo espinal é contínuo com a dura-máter espinal.

O **perineuro** é composto de fibras colágenas, fibras elásticas e fibrócitos. O perineuro divide o nervo em uma série de compartimentos que contêm feixes de axônios. Um único feixe de axônio é denominado **fascículo**.

Os nervos periféricos precisam ser isolados e protegidos dos componentes químicos do líquido intersticial e da circulação geral. A *barreira hematoneural*, formada por fibras de tecido conectivo e fibrócitos do epineuro, funciona como barreira de difusão.

O **endoneuro** é constituído por tecido conectivo frouxo, irregularmente distribuído, composto de delicadas fibras colágenas e fibras de tecido conectivo elástico, além de alguns poucos fibrócitos isolados que circundam axônios individuais. Os capilares que se originam no perineuro ramificam-se no endoneuro e oferecem oxigênio e nutrientes aos axônios e células de Schwann do nervo.

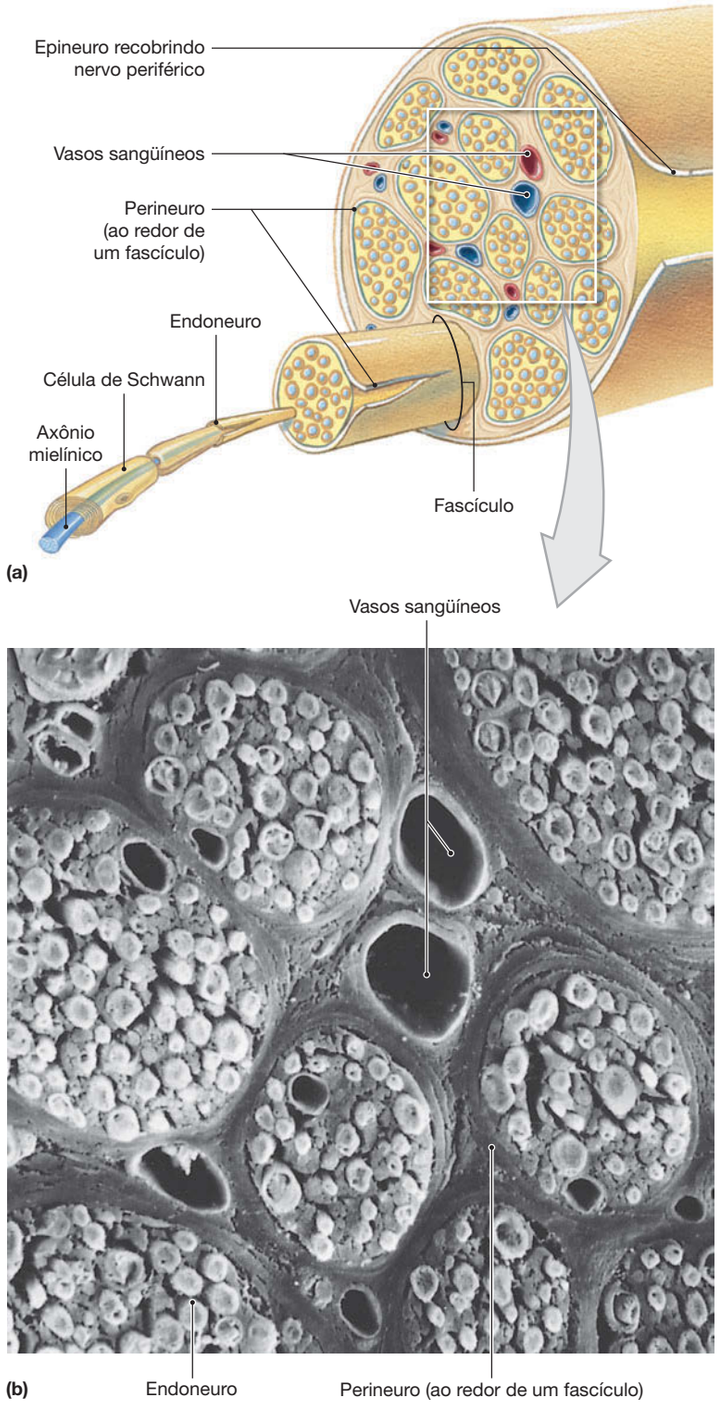


Figura 14.6 Anatomia de um nervo periférico.
Um nervo periférico consiste em um epineuro externo que encapsula um número variável de fascículos (feixes de fibras nervosas). Os fascículos são, portanto, envoltos pelo perineuro e, no interior de cada fascículo, os axônios individuais – recobertos por células de Schwann – são circundados pelo endoneuro. **(a)** Um nervo periférico típico e seus envoltórios de tecido conectivo. **(b)** Uma microscopia eletrônica de varredura mostrando detalhadamente as várias camadas. (MEV x 425) [*© R. G. Kessel e R. H. Kardon, "Tissues and Organs: A Text-Atlas of Scanning Electron Microscopy", W. H. Freeman & Co., 1979. Todos os direitos reservados.*]

Distribuição periférica dos nervos espinais [Figuras 14.2a,c,d/14.7/14.8]

Cada nervo espinal é formado pela fusão das raízes nervosas posterior e anterior conforme essas raízes passam através de um forame intervertebral; as únicas exceções são C1 e Co1, que, em algumas pessoas, não apresentam raízes posteriores (Figura 14.2a,c,d, pág. 364). Distalmente, o nervo espinal se divide em vários ramos. Todos os nervos espinais formam dois ramos, um *ramo posterior* e um *ramo anterior*. Para os nervos espinais

de T1 a L2 existem quatro ramos: um ramo branco e um ramo cinzento, conhecidos coletivamente como *ramos comunicantes*, um ramo posterior e um ramo anterior (Figura 14.7). Os ramos comunicantes conduzem fibras motoras viscerais para e a partir de um **gânglio visceral** vizinho, associado à *parte simpática* do SNA. (Esta parte será examinada no Capítulo 17.) Como os axônios pré-ganglionares são mielínicos, o ramo que conduz aquelas fibras ao gânglio apresenta uma coloração clara, e é conhecido como **ramo comunicante branco**. Dois grupos de fibras pós-ganglionares amielínicas partem do gânglio. Aquelas que inervam glândulas e músculos lisos na parede do corpo ou membros formam um segundo ramo, o **ramo comunicante cinzento**, que se une novamente ao nervo espinal. Tipicamente, o ramo comunicante cinzento é proximal ao ramo comunicante branco. Fibras pré-ganglionares ou pós-ganglionares que inervam órgãos internos não se unem novamente aos nervos espinais. Em vez disso, elas formam uma série de nervos viscerais individuais, como os *nervos esplâncnicos*, envolvidos na regulação das atividades dos órgãos da cavidade abdominopélvica.

O **ramo posterior** de cada nervo espinal oferece inervação sensitiva a partir de segmentos específicos da pele e suprimento motor aos músculos do pescoço e do dorso destas áreas. A região inervada assemelha-se a uma faixa horizontal que se inicia na origem do nervo espinal. O **ramo anterior**, relativamente grande, supre a superfície ântero-lateral do corpo, estruturas na parede do corpo e os membros.

A distribuição das fibras sensitivas no interior dos ramos posteriores e anteriores ilustra a divisão segmentar de trabalho ao longo da extensão da medula espinal (Figura 14.7b). Cada par de nervos espinais monitora uma região específica da superfície do corpo, uma área conhecida como **dermátomo** (Figura 14.8). Dermátomos são clinicamente importantes, pois lesões à medula espinal ou ao gânglio sensitivo de nervo espinal produzirão perdas de sensibilidade características em áreas específicas da pele.

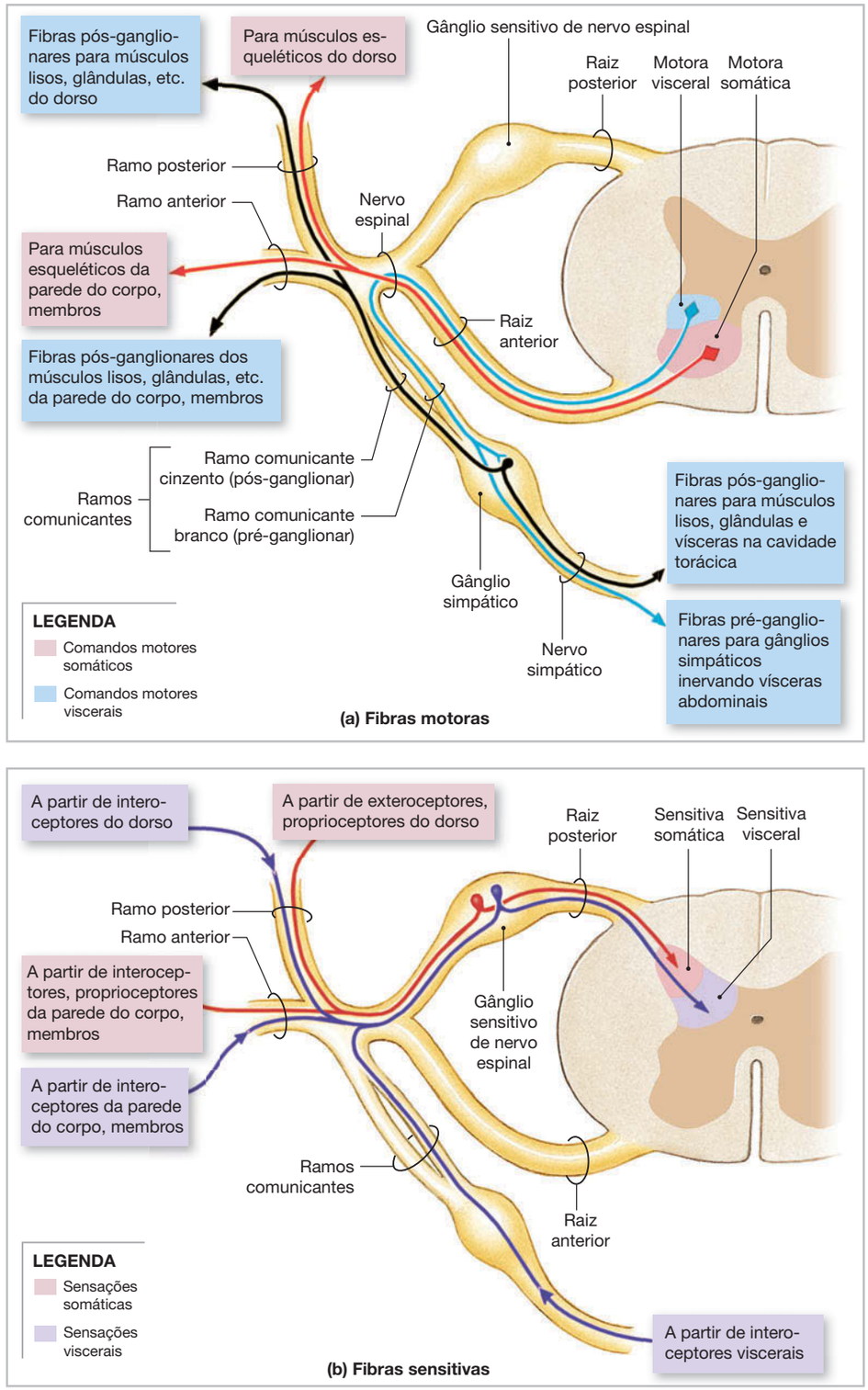


Figura 14.7 Distribuição periférica dos nervos espinais.
Vista diagramática ilustrando a distribuição de fibras nos principais ramos de um nervo espinal torácico típico. **(a)** Distribuição dos neurônios motores na medula espinal e fibras motoras no interior do nervo espinal e seus ramos. Embora o ramo comunicante cinzento seja tipicamente proximal em relação ao ramo comunicante branco, este diagrama simplificado torna mais fácil acompanhar e compreender as relações entre as fibras pré-ganglionares e pós-ganglionares. **(b)** Uma vista comparativa, detalhando a distribuição dos neurônios e das fibras sensitivas.

Plexos nervosos

[Figuras 14.3/14.7 e 14.9]

O padrão de distribuição ilustrado na Figura 14.7 aplica-se aos nervos espinais T1-L2. Ramos comunicantes cinzentos e brancos são encontrados apenas nesses segmentos; entretanto, ramos posteriores e ramos anteriores são característicos de todos os nervos espinais. De modo aproximado, os ramos posteriores oferecem inervação sensitiva segmentar, conforme evidencia o padrão de dermátomos. O alinhamento segmentar não é exato, pois os limites são imprecisos e existe alguma superposição entre dermátomos adjacentes. Porém, em segmentos que controlam a musculatura esquelética do pescoço e dos membros superiores e inferiores, a distribuição periférica dos ramos anteriores não corresponde diretamente aos seus alvos periféricos. Em vez disso, os ramos anteriores de nervos espinais adjacentes mesclam suas fi-

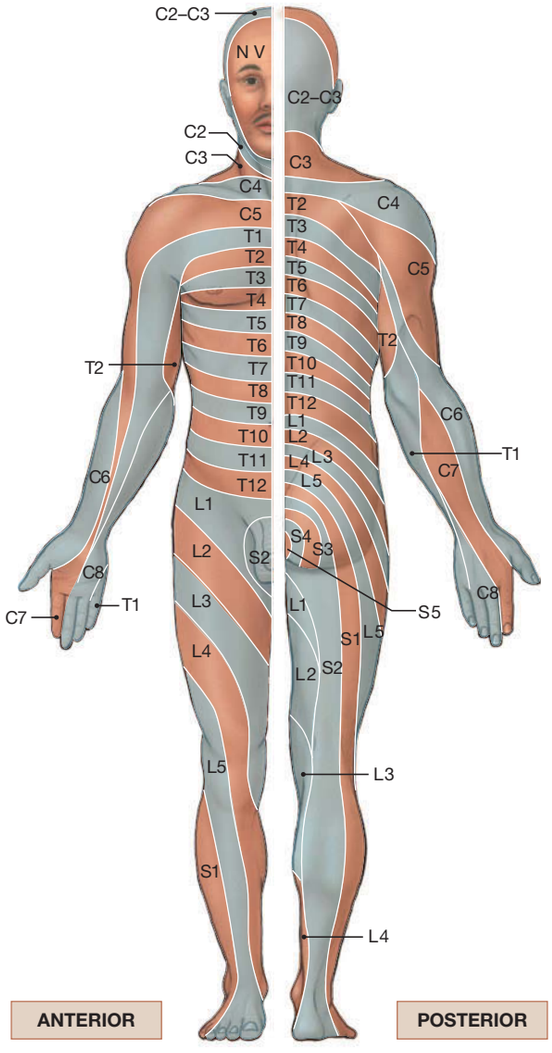


Figura 14.8 **Dermátomos.**
Distribuição anterior e posterior de dermátomos; os nervos espinais relacionados estão indicados para cada dermátomo.

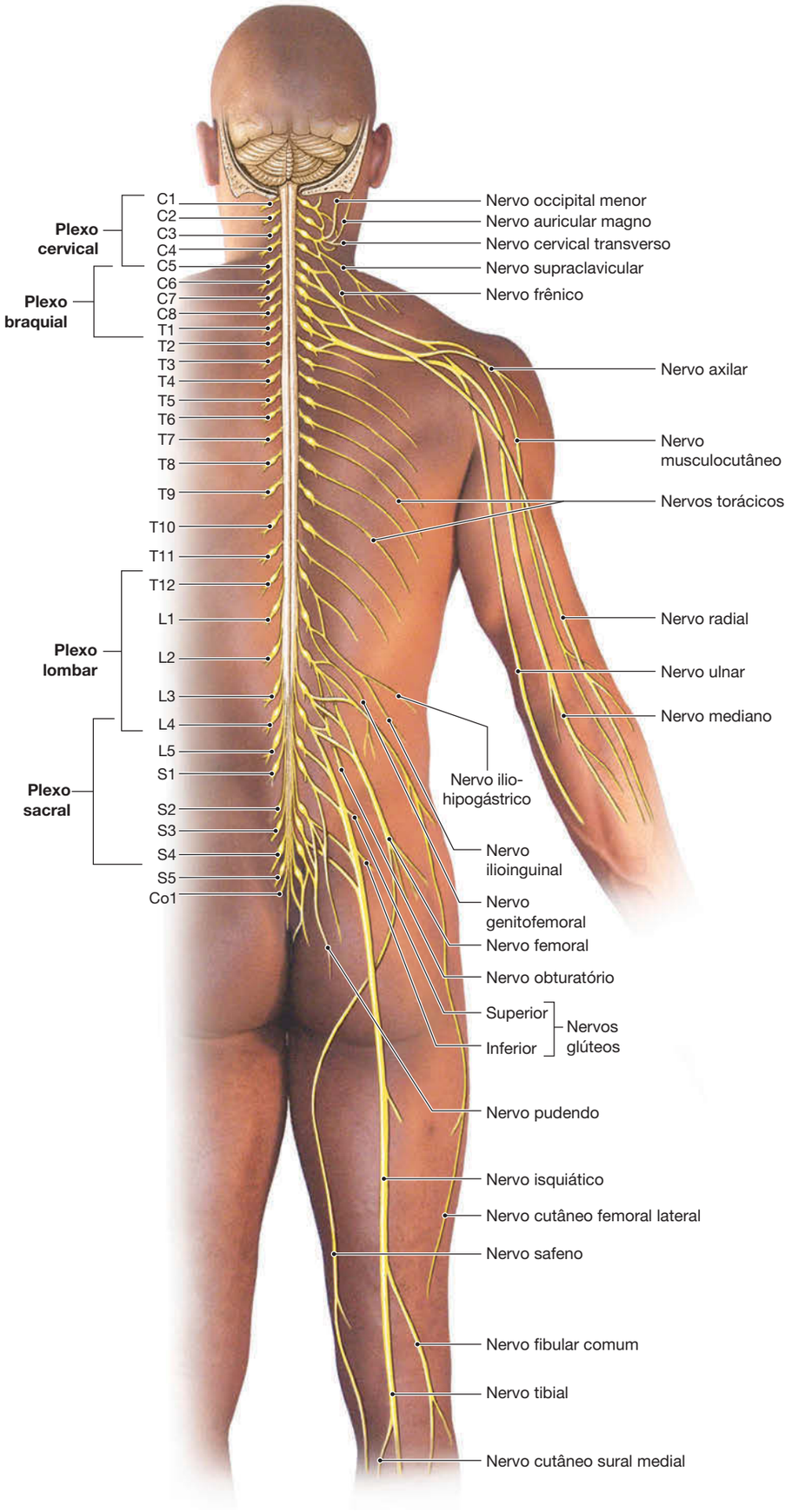


Figura 14.9 **Nervos periféricos e plexos nervosos.**

bras para produzir uma série de troncos nervosos compostos. Essa complexa rede entrelaçada é denominada **plexo nervoso**. Os plexos nervosos se formam durante o desenvolvimento, enquanto pequenos músculos esqueléticos fundem-se com seus vizinhos para formar músculos maiores com origens compostas. Embora os limites anatômicos entre músculos embrionários desapareçam, o padrão original de inervação permanece intacto. Assim, os "nervos" que suprem esses músculos compostos, no adulto, contêm fibras sensitivas e motoras oriundas dos ramos anteriores que inervaram os músculos embrionários. Existem plexos nervosos onde os ramos anteriores convergem e ramificam-se para formar estes nervos compostos. Os quatro maiores plexos nervosos são o *plexo cervical*, o *plexo braquial*, o *plexo lombar* e o *plexo sacral* (**Figuras 14.3**, pág. 365, e **14.9**).

TABELA 14.1 O plexo cervical

Segmentos medulares	Nervos	Distribuição
C1-C4	Alça cervical (raiz superior e raiz inferior)	Cinco dos músculos extrínsecos da laringe (esternotireóideo, esterno-hióideo, omo-hióideo, genio-hióideo e tireo-hióideo) via N XII
C2-C3	Nervos occipital menor, cervical transverso, supraclavicular e auricular magno	Pele da região superior do tórax, ombro, pescoço e orelha
C3-C5	Nervo frênico	Diafragma
C1-C5	Nervos cervicais	Músculos levantador da escápula, escalenos, esternocleidomastóideo e trapézio (com N XI)

O plexo cervical [Figuras 14.9/14.10 e Tabela 14.1]

O **plexo cervical** (Figuras 14.9 e 14.10) consiste em ramos cutâneos e musculares dos ramos anteriores dos nervos C1-C4 e algumas fibras nervosas de C5. O plexo cervical situa-se profundamente ao músculo esternocleidomastóideo (∞ pág. 271) e anteriormente aos músculos escaleno médio e levantador da escápula. (∞ págs. 274-276, 286) Os ramos cutâneos desse plexo inervam áreas na cabeça, no pescoço e no tórax. Os ramos musculares inervam músculos do pescoço, como o omo-hióideo, esterno-hióideo, genio-hióideo, tireo-hióideo e esternotireóideo (∞ pág. 272), e músculos do pescoço e do ombro, como o esternocleidomastóideo, escalenos, levantador da escápula e trapézio (∞ págs. 272, 276, 287), além do diafragma. (∞ pág. 276) O **nervo frênico**, o maior nervo deste plexo, oferece suprimento nervoso motor total ao diafragma. As Figuras 14.9 e 14.10 identificam os nervos responsáveis pelo controle dos músculos esqueléticos axiais e apendiculares considerados nos Capítulos 10 e 11.

O plexo braquial [Figuras 14.9/14.11/14.12 e Tabela 14.2]

O **plexo braquial** é maior e mais complexo que o plexo cervical. O plexo braquial supre o cíngulo do membro superior e os membros superiores. O plexo braquial é formado pelos ramos anteriores dos nervos C5-T1 (Figu-

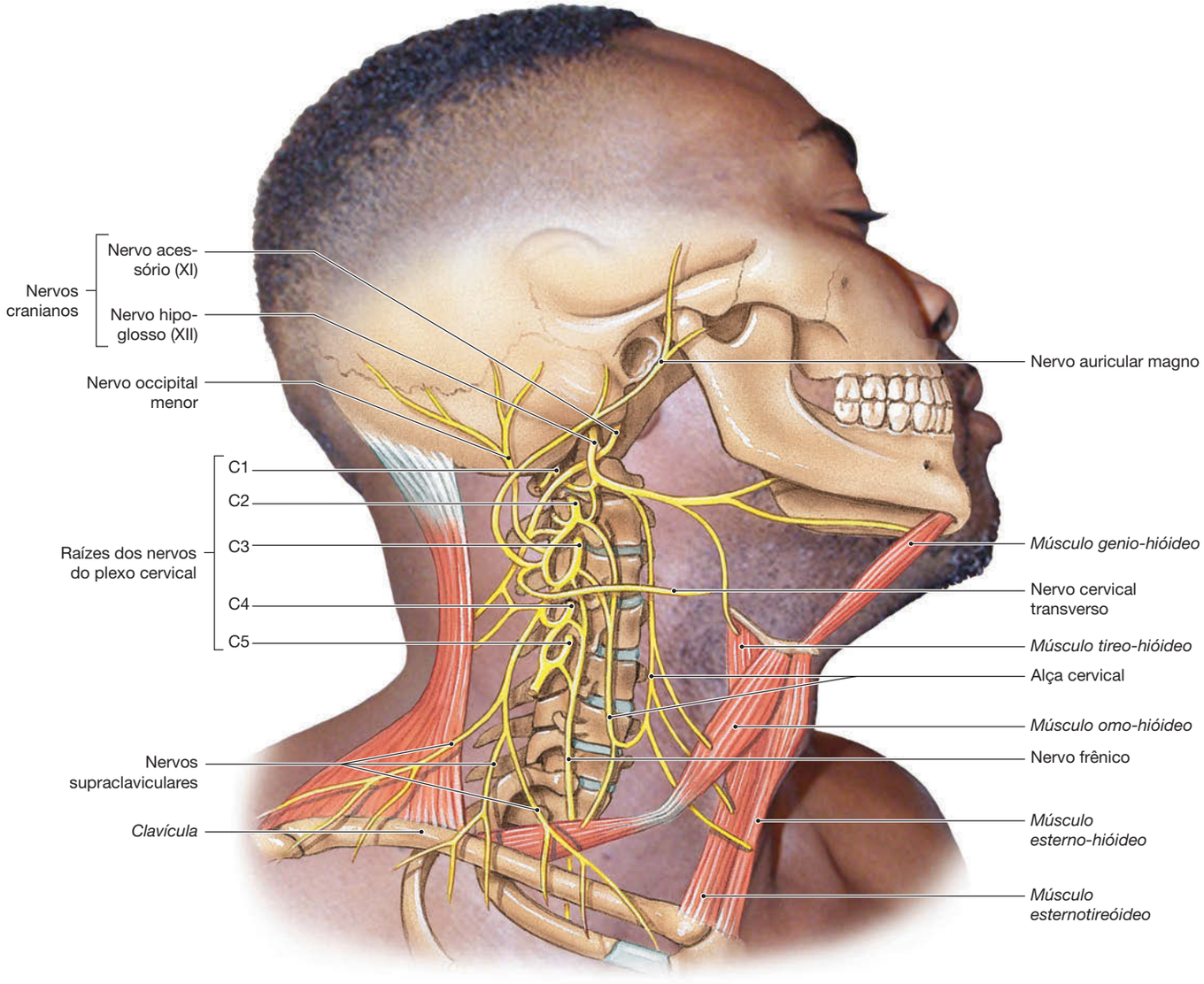


Figura 14.10 O plexo cervical.

ras 14.6, 14.11a,b e 14.12). Os ramos anteriores convergem para formar os **troncos superior**, **médio** e **inferior**. Cada um desses troncos separa-se em **divisão anterior** e **divisão posterior**. As três divisões posteriores unem-se para formar o **fascículo posterior**, enquanto as divisões anteriores dos troncos superior e médio unem-se para formar o **fascículo lateral**. O **fascículo medial** é formado pela continuação da divisão anterior do tronco inferior. Os nervos do plexo braquial originam-se em um ou mais troncos ou fascículos, cujos nomes indicam suas posições em relação à artéria axilar, uma grande artéria que supre o membro superior. O fascículo lateral forma o **nervo musculocutâneo** exclusivamente e, junto com o fascículo medial, contribui para constituir o **nervo mediano**. O **nervo ulnar** é outro grande nervo do fascículo medial. O fascículo posterior dá origem ao **nervo axilar** e ao **nervo radial**. As Figuras 14.9 e 14.11 identificam esses nervos, assim como nervos menores responsáveis pelo controle dos músculos esqueléticos axiais e apendiculares, considerados nos Capítulos 10 e 11. ∞ págs. 275, 276, 290, 293 A Tabela 14.2 oferece mais informações sobre estes e outros nervos importantes do plexo braquial.

Os plexos lombar e sacral [Figuras 14.9/14.13/14.14 e Tabela 14.3]

O **plexo lombar** e o **plexo sacral** originam-se nos segmentos lombares e sacrais da medula espinal. Os ramos anteriores desses nervos suprem a pelve e o membro inferior (Figuras 14.9, pág. 371, e 14.13). Como os ramos anteriores dos dois plexos são distribuídos para o membro inferior, esses plexos são freqüentemente identificados coletivamente como *plexo lombossacral*. Os nervos que formam o plexo lombar e o plexo sacral estão detalhados na Tabela 14.3.

O plexo lombar é formado pelos ramos anteriores de T12-L4. Os principais nervos do plexo lombar são o **nervo genitofemoral**, o **nervo cutâneo femoral lateral** e o **nervo femoral**. O plexo sacral contém os ramos anteriores dos nervos espinais L4-S4. Os ramos anteriores de L4 e L5 formam o **tronco lombossacral**, que contribui para o plexo sacral juntamente com os ramos anteriores de S1-S4 (Figura 14.13a,b). Os principais nervos do plexo sacral são o **nervo isquiático** e o **nervo pudendo**. O nervo isquiático passa posteriormente ao fêmur e profundamente à cabeça longa do músculo bíceps femoral. Ao se aproximar da fossa poplítea, o nervo isquiático divide-se em dois ramos: o **nervo fibular comum** e o **nervo tibial** (Figuras 14.9, pág. 371, e 14.14). As Figuras 14.9, pág. 371, 14.13 e 14.14 mostram estes nervos, assim como nervos menores responsáveis pelo controle dos músculos axiais e apendiculares, detalhados nos Capítulos 10 e 11.

Embora os dermátomos possam oferecer indícios para a localização de lesões da medula espinal, uma perda de sensibilidade na pele não fornece informação precisa sobre o local da lesão, pois os limites dos dermátomos não são linhas claramente definidas. Conclusões mais exatas podem ser obtidas a partir da perda do controle motor, com base na origem e na dis-

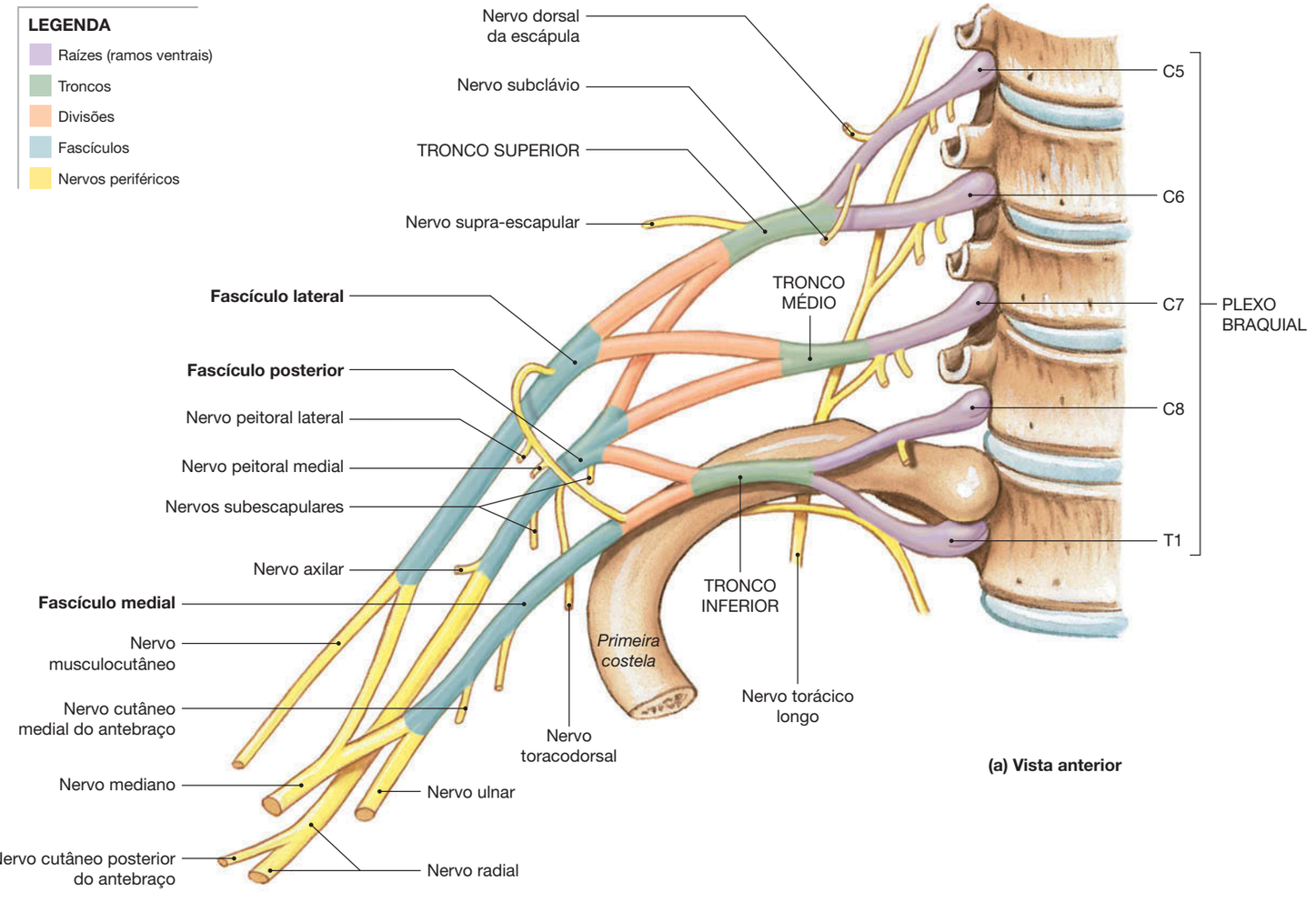
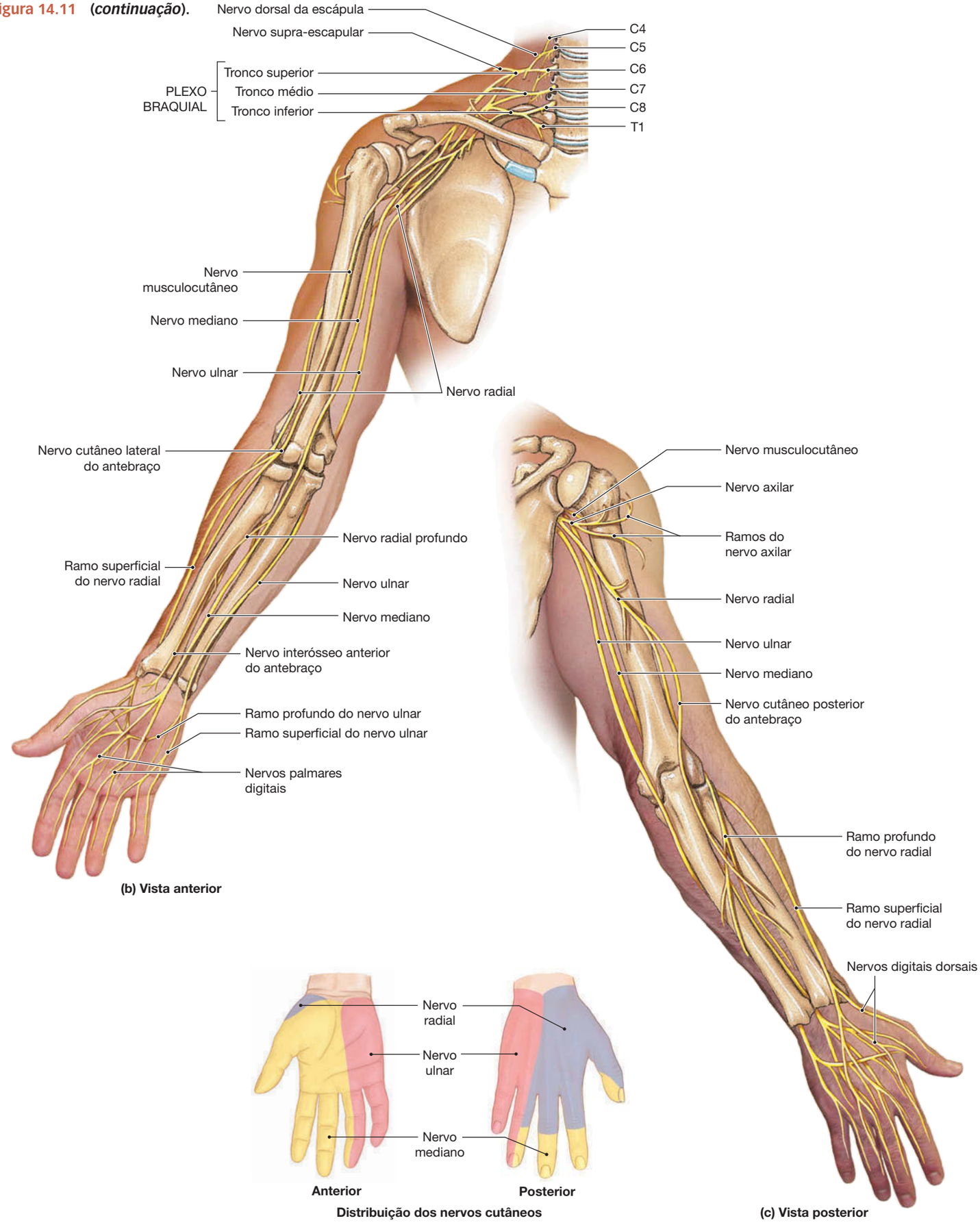


Figura 14.11 O plexo braquial.
(a) Os troncos e fascículos do plexo braquial. **(b)** Vista anterior do plexo braquial e membro superior, mostrando a distribuição periférica dos principais nervos. **(c)** Vista posterior do plexo braquial e inervação do membro superior.

Figura 14.11 (***continuação***).



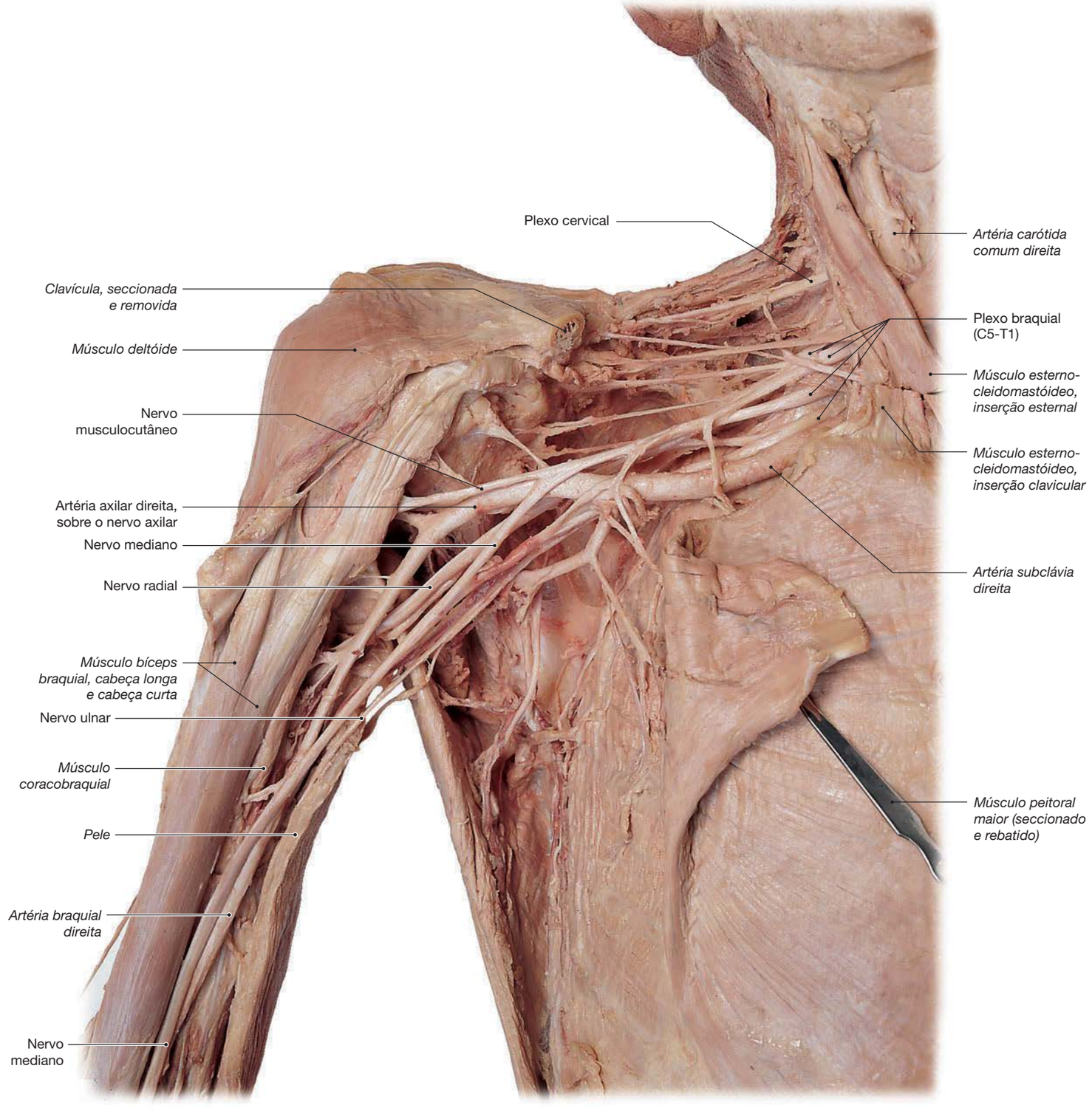


Figura 14.12 Os plexos cervical e braquial.
Esta dissecação mostra os principais nervos que se originam a partir dos plexos cervical e braquial.

TABELA 14.2 O plexo braquial

Segmentos medulares	Nervo(s)	Distribuição
C4-C6	Nervo subclávio	Músculo subclávio
C5	Nervo dorsal da escápula	Músculos rombóides e levantador da escápula
C5-C7	Nervo torácico longo	Músculo serrátil anterior
C5, C6	Nervo supra-escapular	Músculos supra-espinal e infra-espinal; sensitivo das articulações do ombro e escápula
C5-T1	Nervos peitorais (medial e lateral)	Músculos peitorais
C5, C6	Nervos subescapulares	Músculos subescapular e redondo maior
C6-C8	Nervo toracodorsal	Músculo latíssimo do dorso
C5, C6	Nervo axilar	Músculos deltóide e redondo menor; sensitivo da pele do ombro
C8-T1	Nervo cutâneo medial do antebraço	Sensitivo da pele das faces anterior e medial do braço e antebraço
C5-T1	Nervo radial	Muitos músculos extensores no braço e antebraço (músculos tríceps braquial, ancôneo, extensor radial do carpo, extensor ulnar do carpo, braquiorradial); músculo supinador, músculos extensores dos dedos e músculo abdutor do polegar, via *ramo profundo*; sensitivo da face póstero-lateral do membro por meio do *nervo cutâneo posterior do braço, nervo cutâneo posterior do antebraço* e *ramo superficial* (parte radial da mão)
C5-C7	Nervo musculocutâneo	Músculos flexores no braço (músculos bíceps braquial, braquial e coracobraquial); sensitivo da pele da face lateral do antebraço, por meio do *nervo cutâneo lateral do antebraço*
C6-T1	Nervo mediano	Músculos flexores no antebraço (músculo flexor radial do carpo e músculo palmar longo); músculos pronador quadrado e pronador redondo; parte radial do músculo flexor profundo dos dedos e músculos flexores dos dedos (por meio do *nervo interósseo anterior do antebraço*); sensitivo da pele da face ântero-lateral da mão
C8, T1	Nervo ulnar	Músculo flexor ulnar do carpo, parte ulnar do músculo flexor profundo dos dedos, músculo adutor do polegar e os pequenos músculos dos dedos, por meio do *ramo profundo*; sensitivo da pele da face medial da mão, por meio do *ramo superficial*

tribuição dos nervos periféricos originados nos plexos nervosos. Na avaliação do desempenho motor, é feita uma diferenciação entre a capacidade consciente de controlar atividades motoras e o desempenho das respostas motoras automáticas involuntárias. Estas últimas são padrões motores programados, chamados de *reflexos,* que serão descritos em seguida.

REVISÃO DOS CONCEITOS

1. Uma lesão de qual plexo nervoso poderia interferir com a capacidade de respirar?
2. Descreva as três camadas de tecido conectivo que envolvem cada nervo periférico, ordenadas da mais externa para a mais interna.
3. Diferencie um ramo comunicante branco de um ramo comunicante cinzento.
4. Qual plexo nervoso pode ter sido traumatizado se as atividades motoras do braço e do antebraço estiverem afetadas por uma lesão?

Veja a seção de Respostas na parte final do livro.

Reflexos [Figuras 14.15 a 14.18]

As condições dentro e fora do corpo podem variar rapidamente e de modo inesperado. Um **reflexo** é uma resposta motora involuntária imediata a um estímulo específico (Figuras 14.15 a 14.18). Os reflexos ajudam a preservar a homeostase, ajustando rapidamente as funções de órgãos ou sistemas orgânicos. A resposta apresenta pouca variação – a ativação de um determinado reflexo sempre produz a mesma resposta motora. O circuito neuronal de um reflexo isolado é denominado **arco reflexo**. Um arco reflexo começa em um receptor e termina em um efetuador periférico, como um músculo ou uma célula glandular. A Figura 14.15 ilustra as cinco etapas envolvidas em um reflexo nervoso:

ETAPA 1. ***Chegada de um estímulo e ativação de um receptor.*** Há vários tipos de receptores sensitivos, e sua classificação geral foi apresentada no Capítulo 13. ∞ pág. 351 Cada receptor tem uma variação de sensibilidade própria; alguns receptores, como os receptores da dor, respondem a praticamente qualquer estímulo. Estes receptores, dendritos de neurônios sensitivos, são estimulados por pressão, extremos de temperatura, lesão física ou exposição a agentes químicos nocivos. Outros receptores, como os que oferecem sensações visuais, auditivas ou gustativas, são células especializadas que respondem apenas a uma variedade limitada de estímulos.

ETAPA 2. ***Transmissão da informação ao SNC.*** A informação é conduzida sob forma de potenciais de ação ao longo das fibras aferentes. Neste caso, o axônio conduz os potenciais de ação até a medula espinal via uma das raízes posteriores (Figura 14.17).

ETAPA 3. ***Processamento da informação.*** O processamento da informação começa quando um neurotransmissor, liberado pelo terminal sináptico do neurônio sensitivo, atinge a membrana pós-sináptica de um neurônio motor ou de um interneurônio. Nos reflexos mais simples, como o esquematizado na Figura 14.15, esse processamento é realizado pelo neurônio motor que controla efetuadores periféricos. Nos reflexos mais complexos, várias associações de interneurônios estão interpostas entre o neurônio sensitivo e o motor, ocorrendo tanto processamento paralelo quanto seriado. ∞ págs. 355-356 O objetivo do processamento desta informação é a seleção de uma resposta motora apropriada mediante a ativação de neurônios motores específicos.

TABELA 14.3 Os plexos lombar e sacral

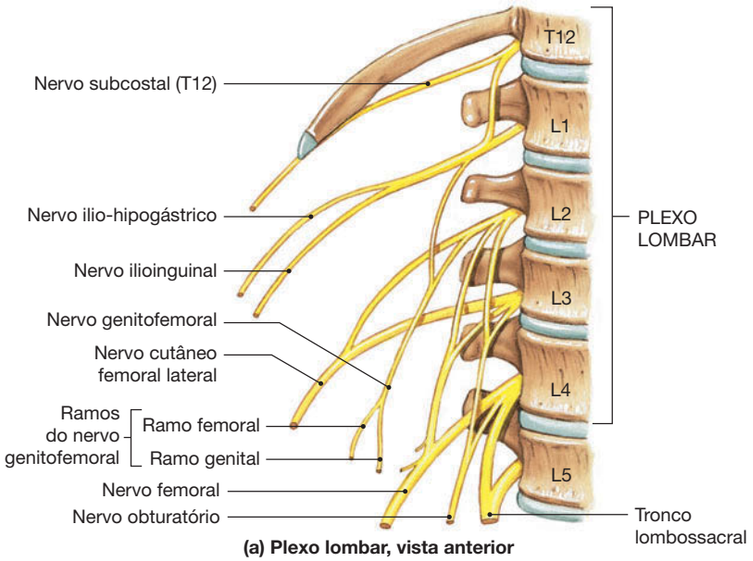
Segmento(s) medular(es)	Nervo(s)	Distribuição
PLEXO LOMBAR		
T12-L1	Nervo ilio-hipogástrico	Músculos abdominais (músculos oblíquos interno e externo do abdome, músculo transverso do abdome); pele da superfície inferior do abdome e nádegas
L1	Nervo ilioinguinal	Músculos abdominais (por meio do *nervo ilio-hipogástrico*); pele da face superior e medial da coxa e partes dos órgãos genitais externos
L1, L2	Nervo genitofemoral	Pele da face ântero-medial da coxa e partes dos órgãos genitais externos
L2, L3	Nervo cutâneo femoral lateral	Pele das faces anterior, lateral e posterior da coxa
L2-L4	Nervo femoral	Músculos anteriores da coxa (músculos sartório e quadríceps femoral); flexores da coxa (músculos pectíneo e iliopsoas); pele da face ântero-medial da coxa, face medial da perna e pé
L2-L4	Nervo obturatório	Adutores da coxa (músculos adutor magno, adutor curto e adutor longo); músculo grácil; pele da face medial da coxa
L2-L4	Nervo safeno	Pele da face medial da perna
PLEXO SACRAL		
L4-S2	Nervos glúteos:	
	Superior	Abdutores da coxa (músculos glúteo mínimo e glúteo médio; músculo tensor da fáscia lata)
	Inferior	Extensor da coxa (músculo glúteo máximo)
S1-S3	Nervo cutâneo femoral posterior	Pele do períneo e face posterior da coxa e da perna
L4-S3	Nervo isquiático:	Dois dos músculos do jarrete (semimembranáceo e semitendíneo); adutor magno (por meio do *nervo obturatório*)
	Nervo tibial	Flexores do joelho e extensores (flexores plantares) na articulação talocrural ["do tornozelo"] (músculos poplíteo, gastrocnêmio, sóleo e tibial posterior; cabeça longa do músculo bíceps femoral); flexores dos dedos do pé; pele da face posterior da perna; face plantar
	Nervo fibular	Cabeça curta do músculo bíceps femoral; músculos fibular curto e fibular longo, músculo tibial anterior; extensores dos dedos do pé; pele da face anterior da perna e do dorso do pé; pele da parte lateral do pé (por meio do *nervo sural*)
S2-S4	Nervo pudendo	Músculos do períneo e os músculos esfincteres externos do ânus e da uretra; pele dos órgãos genitais externos e músculos esqueléticos relacionados (músculo bulboesponjoso e músculo isquiocavernoso)

Nota clínica

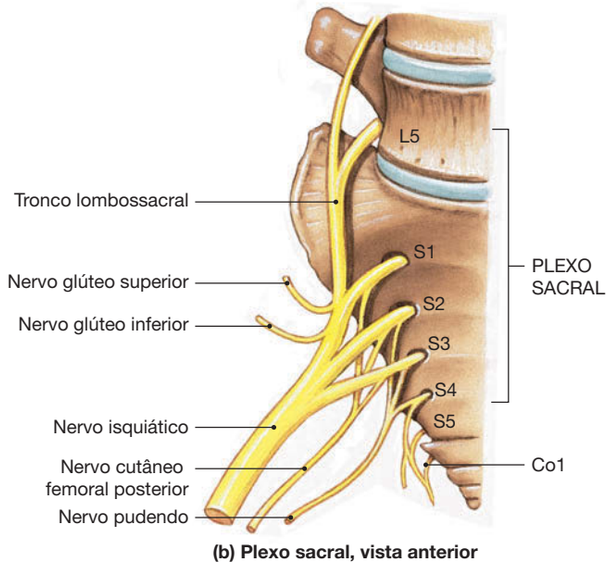
Neuropatias periféricas **Neuropatias periféricas** são caracterizadas por perdas regionais da função sensitiva e motora decorrentes de traumatismo ou compressão de um nervo. As **neuropatias periféricas braquiais** resultam de lesões do plexo braquial ou de seus ramos.

As lesões sensitivas por compressão são especialmente interessantes; um exemplo comum, de grau leve, é a experiência de "sensação de dormência" em um braço ou em uma perna. O membro torna-se entorpecido e, em seguida, uma sensação desconfortável de "picadas de alfinetes e agulhas", ou **parestesia**, acompanha o retorno da função normal. Esses incidentes raras vezes são clinicamente significativos, porém oferecem exemplos vívidos dos efeitos de parestesias mais graves que podem durar dias ou meses. Na **paralisia do nervo radial**, a pressão na parte posterior do braço interrompe a função do nervo radial, de modo que os músculos extensores do carpo e dos dedos ficam paralisados. Esta condição é também conhecida como "paralisia do sábado à noite", porque ocorre quando o indivíduo adormece em uma posição que exerce pressão excessiva e constante sobre seu braço, como quando alguém adormece apoiando a cabeça no seu braço, de modo a produzir o efeito descrito. Os estudantes também podem conhecer a "**paresia ulnar**", que pode resultar do contato prolongado entre o cotovelo e a mesa. Ocorre perda de sensibilidade dos dedos anular e mínimo, bem como da capacidade de adução desses dedos. A *síndrome do túnel do carpo* é uma neuropatia resultante da compressão do nervo mediano na região do carpo, onde este nervo passa profundamente ao retináculo dos músculos flexores, juntamente com os tendões dos músculos flexores. Extensões e flexões repetitivas nas articulações do carpo podem causar irritação nestas bainhas tendíneas, e o edema resultante leva à compressão do nervo mediano.

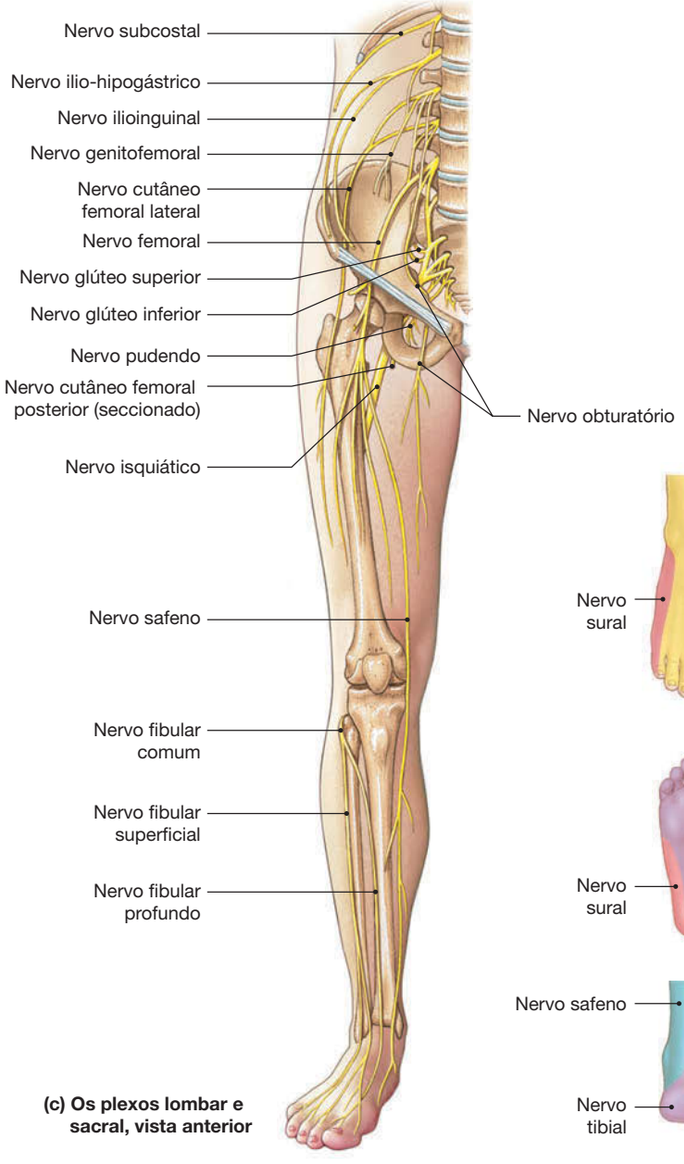
Paresias crurais envolvem nervos do plexo lombossacral. Indivíduos que carregam grandes carteiras nos bolsos traseiros das calças podem desenvolver sintomas de **compressão isquiática** após terem dirigido ou permanecido sentados na mesma posição por longos períodos. O declínio da função nervosa leva esses indivíduos a sentirem dor lombar ou glútea, entorpecimento da parte posterior da perna e fraqueza nos músculos da perna. Sintomas semelhantes resultam da compressão das raízes dos nervos que formam o nervo isquiático, devido ao deslocamento de um disco intervertebral lombar. Esta condição é denominada **isquiatalgia** e pode afetar um ou os dois membros inferiores dependendo do local da compressão. Finalmente, a posição ao sentar-se com as pernas cruzadas pode produzir sintomas de uma **paresia fibular**. Perdas da sensibilidade no dorso do pé e na região lateral da perna são acompanhadas por diminuição da capacidade de dorsiflexão ("pé caído") ou eversão do pé.



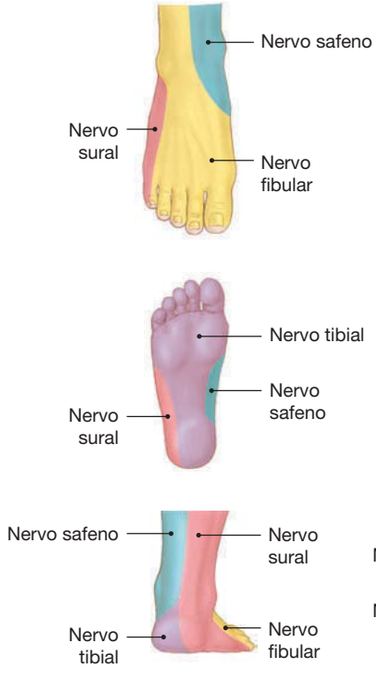
(a) Plexo lombar, vista anterior

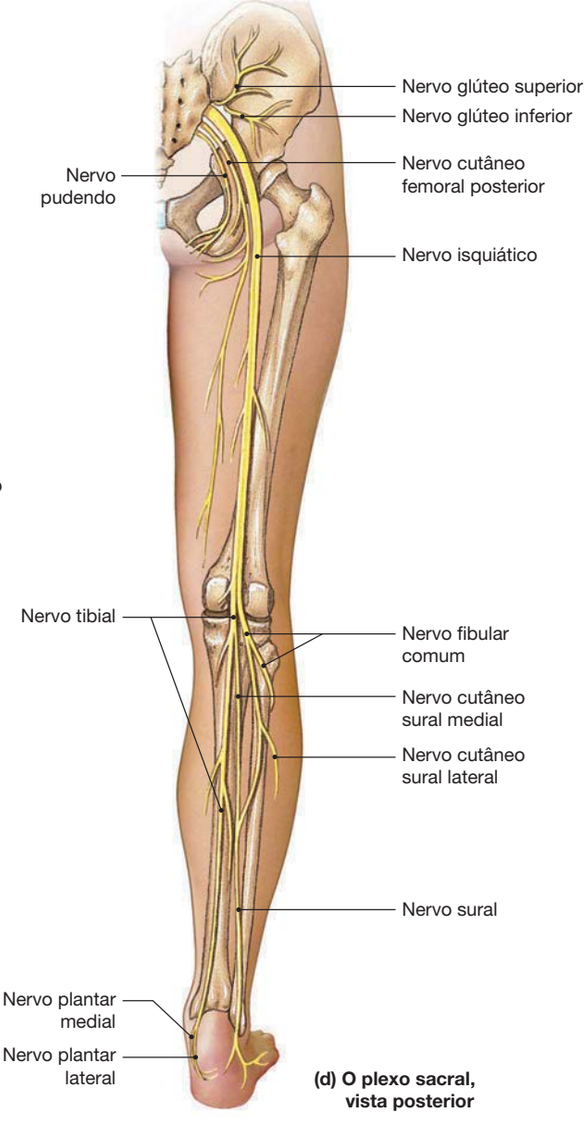


(b) Plexo sacral, vista anterior



(c) Os plexos lombar e sacral, vista anterior





(d) O plexo sacral, vista posterior

Figura 14.13 **Os plexos lombar e sacral, parte I.**

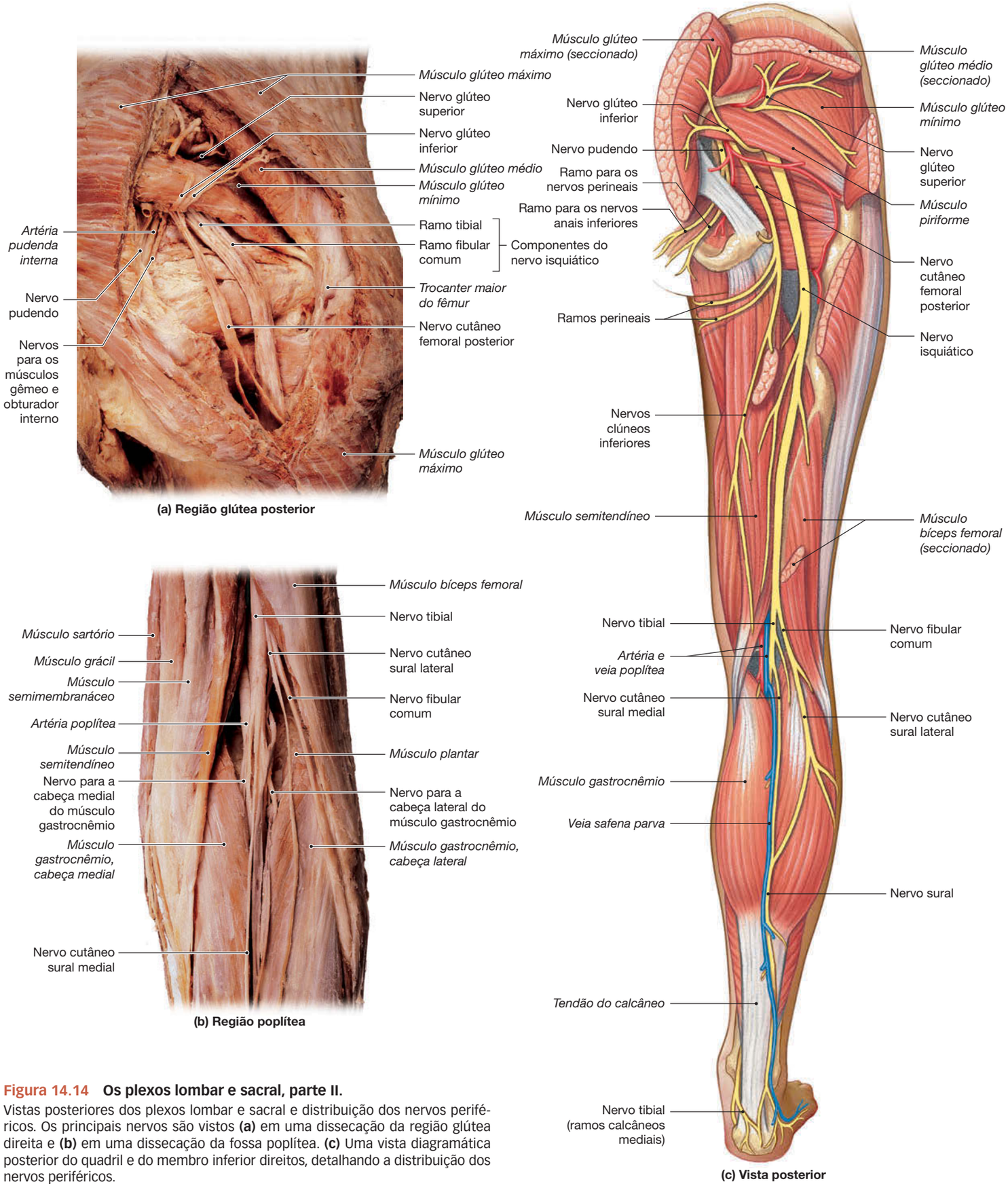


Figura 14.14 Os plexos lombar e sacral, parte II.
Vistas posteriores dos plexos lombar e sacral e distribuição dos nervos periféricos. Os principais nervos são vistos **(a)** em uma dissecação da região glútea direita e **(b)** em uma dissecação da fossa poplítea. **(c)** Uma vista diagramática posterior do quadril e do membro inferior direitos, detalhando a distribuição dos nervos periféricos.

ETAPA 4. ***Ativação de um neurônio motor.*** Um neurônio motor, quando estimulado até o seu limiar, conduz potenciais de ação ao longo de seu axônio para a periferia, neste exemplo, através da raiz anterior de um nervo espinal.

ETAPA 5. ***Resposta do efetuador periférico.*** A ativação de um neurônio motor periférico causa uma resposta em um efetuador periférico, como um músculo esquelético ou uma glândula. Em geral, o objetivo desta resposta é a remoção do ou a reação ao estímulo original. Os reflexos desempenham importante função na oposição a estímulos causados por alterações potencialmente nocivas no ambiente interno ou externo.

Classificação dos reflexos [Figuras 14.16/14.17]

Os reflexos podem ser classificados de acordo com (1) seu desenvolvimento (**reflexos inatos** e **adquiridos**), (2) o local onde ocorre o processamento das informações (**reflexos espinais** ou **cranianos**), (3) a natureza

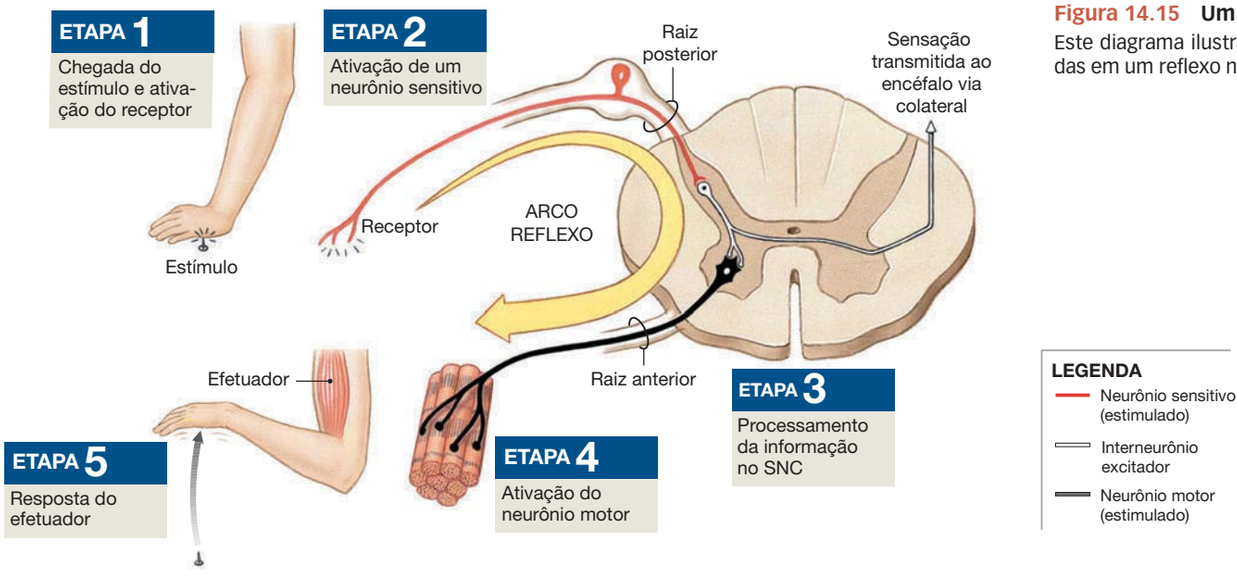


Figura 14.15 Um arco reflexo.
Este diagrama ilustra as cinco etapas envolvidas em um reflexo nervoso.

Nota clínica

Doenças medulares e dos nervos espinais Lesões dos tratos espinais causam perdas de sensibilidade e/ou controle motor. A natureza do déficit sensitivo ou motor depende do local da lesão e dos tratos específicos envolvidos.

A **esclerose Múltipla (EM)** é uma doença que produz paralisia muscular e perdas sensitivas por desmielinização. Os sintomas iniciais – freqüentemente envolvendo combinações de parestesias (sensações alteradas), alterações de coordenação motora, problemas da visão e do controle urinário – aparecem como resultado da degeneração da mielina nos funículos lateral e posterior da medula espinal, no interior dos nervos ópticos ou ao longo dos tratos no interior do encéfalo. Por exemplo, o envolvimento da medula espinal pode causar fraqueza, sensação de formigamento e perda proprioceptiva em relação à posição dos membros. Para a maioria dos pacientes ocorrem melhoras, mas nas crises subseqüentes os efeitos tornam-se mais disseminados. As perdas cumulativas sensitivas e motoras podem levar a uma paralisia muscular generalizada, com 50% dos pacientes necessitando de auxílio para deambulação dentro de um período de 15 anos após o início dos sintomas.

Pesquisas atuais sugerem que esta doença esteja relacionada a problemas no sistema imunológico, causados por uma combinação de fatores genéticos e ambientais, que resultam na produção de anticorpos que degradam as bainhas de mielina. Indivíduos com EM apresentam linfócitos que não respondem normalmente a proteínas estranhas. Como muitas proteínas virais apresentam seqüências de aminoácidos semelhantes àquelas da mielina normal, existe uma hipótese de que a EM resultaria de erros na identificação daquelas. Também tem sido sugerido que os indivíduos que desenvolvem EM podem apresentar uma suscetibilidade geneticamente herdada a um determinado vírus e que essa suscetibilidade seja exacerbada por condições ambientais. A incidência anual média nos Estados Unidos é de aproximadamente 50 casos para cada 100.000 indivíduos na população geral. Tem-se notado melhora dos sintomas em alguns pacientes portadores de EM tratados com drogas que atuam no sistema imunológico, ou "imunomoduladores", como o β-interferon (um peptídeo secretado por células do sistema imunológico) e acetato de glatirâmer (um polipeptídeo sintético semelhante à proteína básica da mielina). A imunossupressão com corticosteróides pode reduzir a gravidade das recorrências, e uma droga anticancerígena foi aprovada pelo FDA para casos crônicos avançados da doença.

O **traumatismo medular** resulta de um dano físico à medula espinal, como ocorre, por exemplo, em acidentes automobilísticos graves, causando paralisia permanente porque os tratos danificados raramente se regeneram. Lesões extensas na medula espinal causam perda de função motora e sensitiva abaixo do nível da lesão. Lesões acima da quinta vértebra cervical produzem perda completa da sensibilidade e do controle motor (paralisia) nos membros superiores e inferiores, condição esta denominada *quadriplegia**. A *paraplegia,* a perda completa do controle motor dos membros inferiores, pode ocorrer após uma lesão na região torácica da medula espinal. Lesões menos graves afetando a medula espinal ou a cauda eqüina produzem sintomas de perdas sensitivas ou paralisias motoras que refletem os núcleos, tratos ou nervos envolvidos.

* N. de R.T. Também chamada de tetraplegia.

da resposta motora resultante (**reflexos somáticos** e **viscerais**, ou **autônomos**), ou (4) a complexidade do circuito neuronal envolvido (reflexos *monossinápticos* e *reflexos polissinápticos*). Estas categorias, mostradas na Figura 14.16, não são mutuamente exclusivas; elas representam diferentes modos de se descrever um único reflexo.

No arco reflexo mais simples, um neurônio sensitivo faz sinapse diretamente com um neurônio motor. Este reflexo é denominado **reflexo monossináptico** (Figura 14.17a). A transmissão através de uma sinapse vesicular envolve um atraso sináptico; porém, havendo apenas uma sinapse, o atraso entre o estímulo e a resposta é minimizado.

Os **reflexos polissinápticos** (Figura 14.17b) apresentam um atraso maior entre o estímulo e a resposta, atraso este proporcional ao número de sinapses envolvidas. Os reflexos polissinápticos podem produzir respostas muito mais complexas, pois os interneurônios podem controlar vários grupos musculares diferentes. Muitas das respostas motoras são extremamente complicadas; por exemplo, pisar em um objeto pontiagudo não causa apenas a retirada do pé, mas desencadeia todos os ajustes musculares necessários para evitar uma queda. Essas respostas complicadas resultam das interações entre múltiplas associações de interneurônios.

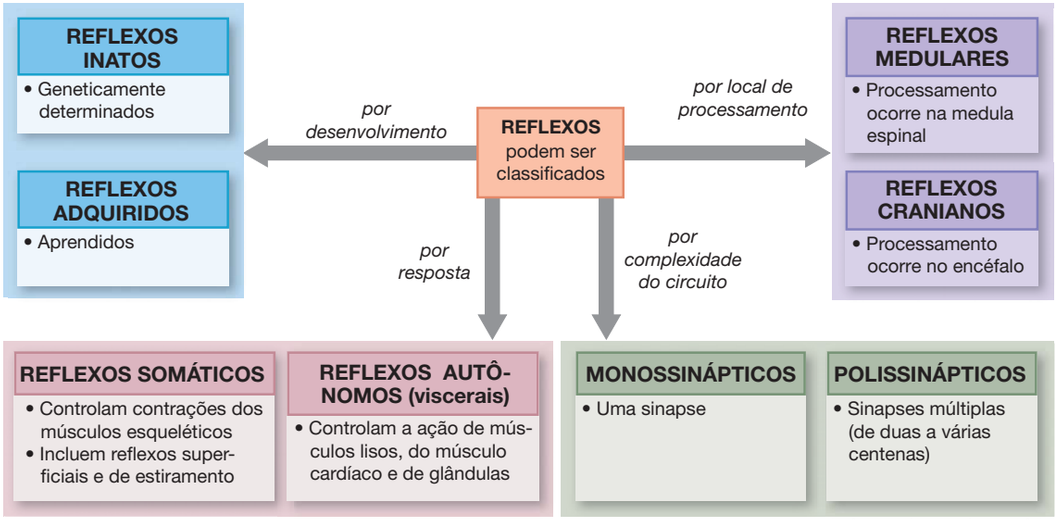


Figura 14.16 A classificação dos reflexos.
Quatro métodos diferentes são utilizados para classificar os reflexos.

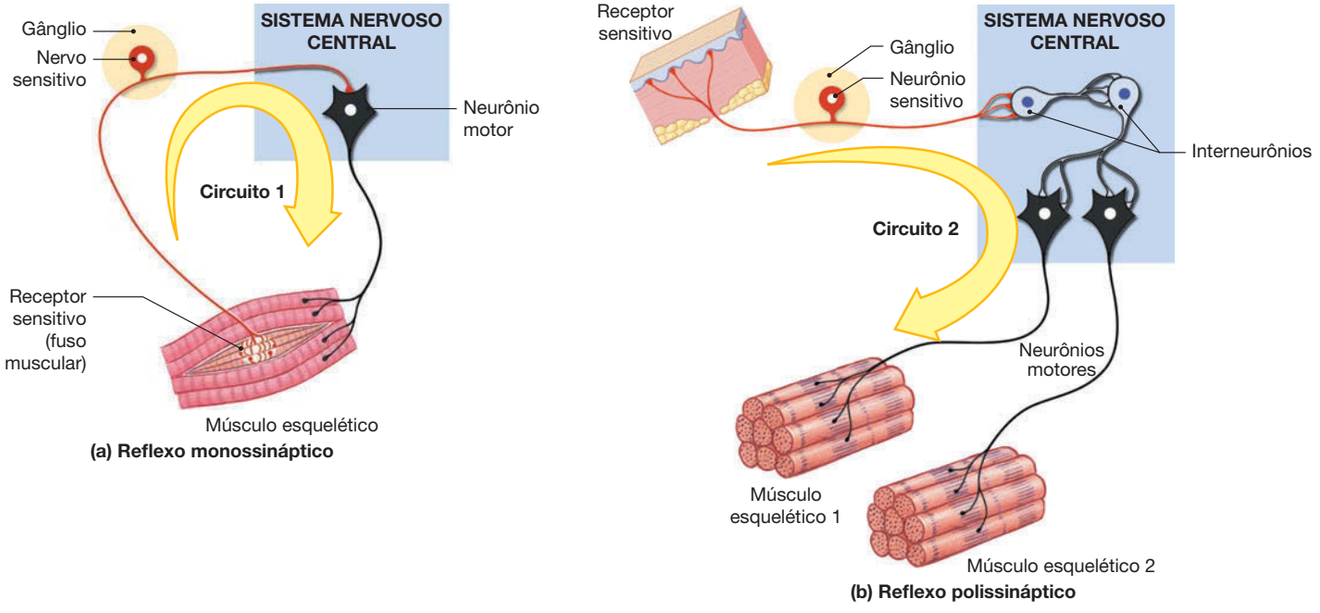


Figura 14.17 Organização neuronal e reflexos simples.
Uma comparação entre reflexos monossinápticos e polissinápticos. **(a)** Um circuito de reflexo monossináptico envolve um neurônio sensitivo periférico e um neurônio motor central. Neste exemplo, a estimulação do receptor levará à contração reflexa de um músculo esquelético. **(b)** Um circuito de reflexo polissináptico envolve um neurônio sensitivo, interneurônios e neurônios motores. Neste exemplo, a estimulação de um receptor levará a contrações coordenadas de dois músculos esqueléticos diferentes.

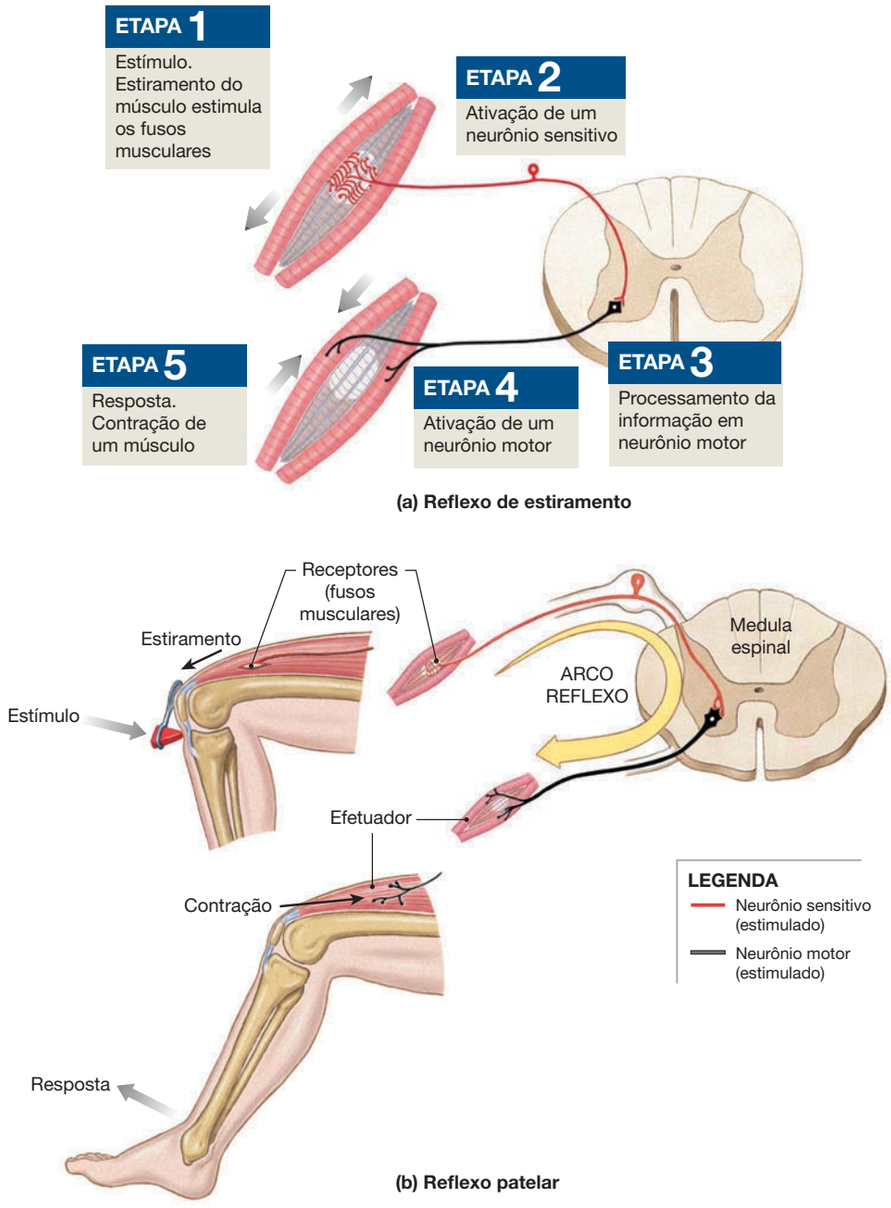


Figura 14.18 Reflexos de estiramento.
(a) Etapas comuns a todos os reflexos de estiramento. **(b)** O reflexo patelar é controlado por fusos musculares no músculo quadríceps femoral. O estímulo é dado pela batida leve e seca com um martelo para pesquisa de reflexos no tendão, causando o estiramento das fibras fusiformes. Isso resulta em um aumento súbito na atividade dos neurônios sensitivos, que fazem sinapse em neurônios motores da medula espinal. A resposta ocorre mediante ativação de unidades motoras do músculo quadríceps femoral, o que produz um aumento imediato do tono muscular e um movimento reflexo de "chute".

Reflexos medulares [Figuras 14.17/14.18]

Os neurônios na substância cinzenta da medula espinal participam de uma variedade de arcos reflexos. Estes *reflexos medulares* variam em complexidade, desde simples reflexos monossinápticos, envolvendo um único segmento da medula espinal, até reflexos polissinápticos que integram respostas motoras de vários segmentos diferentes da medula espinal para produzir uma resposta motora coordenada.

O reflexo espinal mais conhecido é o **reflexo de estiramento.** O reflexo de estiramento é um reflexo monossináptico simples que fornece regulação automática do comprimento do músculo esquelético (Figura 14.18a). O estímulo estira o músculo relaxado, ativando assim um neurônio sensitivo e desencadeando a contração daquele músculo. O reflexo de estiramento também oferece o ajuste automático do tono muscular, aumentando-o ou diminuindo-o, em resposta às informações fornecidas pelos receptores do estiramento dos *fusos musculares* (Figura 14.17a). Os fusos musculares, que serão considerados no Capítulo 18, são fibras musculares especializadas cujos comprimentos são monitorados por neurônios sensitivos.

O reflexo de estiramento mais conhecido é provavelmente o **reflexo patelar**. Nesse reflexo, uma pancada seca no ligamento patelar estira os fusos musculares no músculo quadríceps femoral (Figura 14.18b). Com este breve estímulo, a contração reflexa do quadríceps ocorre sem oposição e produz um movimento da perna semelhante a um "chute". Os médicos freqüentemente usam esse reflexo para avaliar o estado dos segmentos inferiores da medula espinal. Uma resposta normal ao teste do reflexo patelar indica que os nervos espinais e os segmentos medulares L1-L4 não estão danificados.

O reflexo de estiramento é um exemplo de **reflexo postural**, um reflexo que mantém a postura ereta normal. Os músculos posturais geralmente apresentam tono firme, além de receptores de estiramento extremamente sensíveis. Como resultado, ajustes muito refinados são realizados continuamente, e os ciclos de contração e relaxamento ocorrem de modo inconsciente.

Centros superiores e integração de reflexos

As atividades motoras reflexas ocorrem automaticamente, sem instruções dos centros superiores no encéfalo. Entretanto, esses centros superiores podem apresentar profunda influência no desempenho dos reflexos. Por exemplo, centros de processamento no encéfalo podem potencializar ou suprimir reflexos espinais por meio dos tratos descendentes que fazem sinapse com interneurônios e neurônios motores ao longo da medula espinal. Assim sendo, o controle motor envolve uma série de níveis interativos. No nível mais baixo estão os reflexos monossinápticos, que são rápidos, porém estereotipados e relativamente inflexíveis. No nível mais alto estão os centros encefálicos que podem modular ou construir padrões de respostas motoras reflexas.

Resumo de embriologia

Para um resumo de embriologia da medula espinal e dos nervos espinais, consulte o Capítulo 28 (Embriologia e Desenvolvimento Humano).

REVISÃO DOS CONCEITOS

1. O que é um reflexo?
2. Relacione, na seqüência, as cinco etapas de um arco reflexo.
3. Diferencie um reflexo monossináptico de um reflexo polissináptico.
4. Quais são os quatro métodos de classificação dos reflexos?

Veja a seção de Respostas na parte final do livro.

TERMOS CLÍNICOS

Anestesia caudal: Injeção de anestésico no espaço epidural do sacro, para paralisar e reduzir a sensibilidade das estruturas da região inferior do abdome e períneo.

Anestesia epidural: Anestesia regional produzida pela injeção de anestésico no espaço epidural próximo às raízes do nervo espinal a ser bloqueado.

Arreflexia: Ausência de resposta reflexa normal a estímulos.

Choque medular: Período de paralisia sensitiva e motora que se segue a qualquer lesão grave na medula espinal.

Enxerto de nervo: Inserção de uma secção intacta de um outro nervo periférico para eliminar o espaço entre as extremidades cortadas de um nervo lesado e propiciar uma via para a regeneração axonal.

Esclerose múltipla (EM): Doença do sistema nervoso caracterizada por episódios recorrentes e muitas vezes progressivos de desmielinização, afetando tratos no encéfalo e/ou na medula espinal. Sintomas comuns incluem perda parcial da visão e problemas de fala, equilíbrio e coordenação motora geral.

Estimulação elétrica funcional (EEF): Técnica para estimulação de músculos e grupos musculares específicos utilizando eletrodos controlados por computador.

Hiper-reflexia: Respostas reflexas exageradas que podem desenvolver-se em alguns estados patológicos ou após estimulação de núcleos espinais e cranianos pelos centros superiores.

Hiporreflexia: Condição na qual os reflexos medulares espinais normais estão presentes, porém enfraquecidos.

Meningite: Inflamação das lâminas meníngeas.

Mielografia: Procedimento diagnóstico no qual um contraste radiopaco é introduzido no líquido cerebrospinal com objetivo de se obter uma radiografia da medula espinal.

Paraplegia: Paralisia envolvendo a perda do controle motor dos membros inferiores.

Punção espinal: Um procedimento no qual o líquido cerebrospinal é extraído do espaço subaracnóideo através de uma agulha inserida em um dos espaços intervertebrais.

Punção lombar: Punção espinal feita entre vértebras lombares adjacentes.

Quadriplegia: Paralisia envolvendo perda de sensibilidade e do controle motor dos membros superiores e inferiores.

Reflexo patelar: Reflexo em movimento de "chute"; freqüentemente utilizado para obtenção de informações sobre a integridade dos segmentos medulares relacionados.

Sinal de Babinski (reflexo de Babinski positivo): Um reflexo medular presente em bebês, que consiste na abertura em leque dos dedos dos pés*, produzida em resposta a um estímulo cutâneo plantar lateral; em adultos, é um sinal de lesão do SNC.

* N. de R.T. E na extensão do hálux (pois este é o evento mais importante do sinal).

RESUMO PARA ESTUDO

Introdução 362

1. O **sistema nervoso central** (SNC) é constituído pela *medula espinal* e pelo *encéfalo*. Embora estejam conectados, apresentam alguma independência funcional. A medula espinal integra e processa informações de maneira independente, além de transmitir informações ao encéfalo e deste para a periferia.

Anatomia macroscópica da medula espinal 362

1. A medula espinal adulta apresenta um **sulco mediano posterior** (raso) e uma **fissura mediana anterior** (profunda). Apresenta também **intumescências** localizadas (*intumescência cervical* e *intumescência lombar*) que são regiões expandidas onde há maior quantidade de substância cinzenta para fornecer inervação aos membros. (*ver Figuras 14.1 a 14.3*)
2. A medula espinal adulta estende-se do forame magno até a vértebra L I. A medula espinal afila-se em uma extremidade cônica, o **cone medular**. A **parte pial do filamento terminal** (um filamento delgado de tecido fibroso) se origina nessa extremidade e se estende através do canal vertebral até a segunda vértebra sacral, finalmente tornando-se um componente da *parte dural do filamento terminal.* (*ver Figuras 14.1 a 14.4*)
3. A medula espinal apresenta 31 segmentos, cada um associado a um par de **gânglios sensitivos** (contendo corpos celulares dos neurônios sensitivos) e pares de **raízes posteriores** e **raízes anteriores**. Em muitos indivíduos, o primeiro nervo cervical e o primeiro nervo coccígeo representam exceções, não apresentando raízes posteriores. (*ver Figuras 14.1 a 14.3*)
4. As fibras sensitivas e motoras se unem como um único **nervo espinal** distal a cada gânglio sensitivo. Os nervos espinais emergem dos **forames intervertebrais** e são **nervos mistos**, pois contêm fibras sensitivas e motoras. (*ver Figuras 14.1 a 14.3)*
5. A **cauda eqüina** é a extensão inferior das raízes anteriores e posteriores e da parte pial do filamento terminal no canal vertebral. (*ver Figuras 14.1/14.4)*

Meninges espinais 362

1. As **meninges espinais** constituem uma série de membranas especializadas que proporcionam estabilidade física e a absorção de impactos aos tecidos nervosos da medula espinal; as **meninges encefálicas** são membranas que circundam o encéfalo (Capítulo 15). Há três camadas meníngeas: a *dura-máter,* a *aracnóide-máter* e a *pia-máter*. (*ver Figura 14.2)*

A dura-máter 362

2. A **dura-máter** espinal, resistente e fibrosa, é a camada mais externa que recobre a medula espinal; inferiormente ela constitui a **parte dural do filamento terminal** junto com a parte pial do filamento terminal. O **espaço epidural** separa a dura-máter das paredes mais internas do canal vertebral. (*ver Figuras 14.1b,c/14.2/14.4a)*

A aracnóide-máter 365

3. O **espaço subdural** localiza-se internamente à superfície interna da dura-máter. Quando presente, esse espaço separa a dura-máter da lâmina meníngea intermediária, a **aracnóide-máter**. Internamente à aracnóide-máter encontra-se o **espaço subaracnóideo**, que possui uma rede de fibras colágenas e elásticas, as *trabéculas aracnóideas.* Esse espaço também contém **líquido cerebrospinal**, que atua como um amortecedor de impactos e como um meio de difusão de gases dissolvidos, nutrientes, mensageiros químicos e produtos residuais. (*ver Figuras 14.2/14.4)*

A pia-máter 365

4. A **pia-máter** é a camada meníngea mais interna. Essa camada encontra-se firmemente ligada ao tecido nervoso subjacente. **Ligamentos denticulados**, pareados, sustentam fibras que se estendem lateralmente, a partir da superfície da medula espinal, ligando a pia-máter espinal e a aracnóide-máter à dura-máter para evitar a movimentação lateral e inferior da medula espinal. (*ver Figura 14.2)*

Anatomia seccional da medula espinal 367

1. A **substância cinzenta** central envolve o canal central e contém corpos celulares de neurônios e células da glia. Os prolongamentos de substância cinzenta que se projetam em direção à superfície externa da medula espinal são denominados **colunas**. A **substância branca**, situada perifericamente, contém grande número de axônios mielínicos e amielínicos organizados em *funículos* e *tratos.* (*ver Figura 14.5*)

Organização da substância cinzenta 367

2. Corpos celulares de neurônios na substância cinzenta da medula espinal são organizados em grupos denominados *núcleos*. As **colunas posteriores** contêm núcleos sensitivos somáticos e viscerais, enquanto as **colunas anteriores** de substância cinzenta estão relacionadas ao controle motor somático. Os **cornos laterais** contêm neurônios motores viscerais. As **comissuras brancas** são anteriores e posteriores ao canal central. Elas contêm os axônios de interneurônios que cruzam a medula espinal de um lado a outro. (*ver Figura 14.5)*

Organização da substância branca 367

3. A substância branca pode ser dividida em seis **funículos**, cada um dos quais contendo **tratos** (*fascículos*). Os **tratos ascendentes** conduzem informações da medula espinal ao encéfalo, e os **tratos descendentes** transmitem informações do encéfalo para a medula espinal. *(ver Figura 14.5)*

Nervos espinais 369

1. Há 31 pares de nervos espinais; cada um é identificado pela sua associação com uma vértebra adjacente (*cervical, torácica, lombar* e *sacral). (ver Figuras 14.1/14.3)*
2. Cada nervo espinal é envolto por uma série de camadas de tecido conectivo. A camada mais externa, o **epineuro**, é uma densa rede de fibras colágenas; a camada intermediária, o **perineuro**, divide o nervo em uma série de compartimentos *(fascículos)* e forma a *barreira hematoneural*; a camada mais interna, o **endoneuro**, é composta de fibras delicadas de tecido conectivo, que circundam axônios individuais. (*ver Figura 14.6)*

Distribuição periférica dos nervos espinais 369

3. O primeiro ramo* de cada nervo espinal nas regiões torácica e lombar superior é o **ramo comunicante branco**, que contém axônios mielínicos que fazem trajeto na direção de um **gânglio visceral**. Dois grupos de fibras amielínicas originam-se nesse gânglio: um **ramo comunicante cinzento**, conduzindo axônios para inervarem glândulas e músculos lisos na parede do corpo ou membros, e de volta, religando-os ao nervo espinal; e um nervo autonômico conduzindo fibras para os órgãos internos. Coletivamente, os ramos branco e cinzento são denominados **ramos comunicantes**. *(ver Figuras 14.2/14.7)*
4. Cada nervo espinal apresenta um **ramo posterior** (que oferece inervação sensitiva/motora para a pele e os músculos do dorso) e um **ramo anterior** (que supre a superfície ântero-lateral do corpo, estruturas da parede do corpo e membros). Cada par de nervos espinais monitora uma região da superfície do corpo, uma área denominada **dermátomo**. *(ver Figuras 14.2/14.7/14.8)*

Plexos nervosos 370

5. Uma complexa rede entrelaçada de nervos é denominada **plexo nervoso**. Os principais plexos são o *plexo cervical*, o *plexo braquial*, o *plexo lombar* e o *plexo sacral.* (*ver Figuras 14.3/14.9 a 14.14 e Tabelas 14.1 a 14.3)*
6. O **plexo cervical** é composto de ramos anteriores de C1-C4 e algumas fibras de C5. Os músculos do pescoço são inervados; alguns ramos se estendem para o interior da cavidade torácica até o diafragma. O **nervo frênico** é o principal nervo nesse plexo. *(ver Figuras 14.3/14.9/14.10/ 14.12 e Tabela 14.1)*
7. O **plexo braquial** inerva o cíngulo do membro superior e os membros superiores por meio dos ramos anteriores de C5-T1. Os nervos nesse plexo se originam de fascículos ou troncos: os **troncos superior**, **médio** e **inferior** dão origem aos **fascículos lateral**, **médio** e **posterior**. (*ver Figuras 14.3/14.9/14.11/14.12 e Tabela 14.2)*

* N. de R.T. Está incorreto, na realidade é o segundo ramo, pois o primeiro é o cinzento.

8. Coletivamente, o **plexo lombar** e o **plexo sacral** originam-se da parede abdominal posterior, de ramos anteriores de nervos que suprem o cíngulo do membro inferior e os membros inferiores. O plexo lombar contém fibras que partem dos segmentos espinais T12-L4, e o plexo sacral contém fibras que partem dos segmentos espinais L4-S4. *(ver Figuras 14.3/14.9/14.13/14.14 e Tabela 14.3)*

Reflexos 376

1. Um **reflexo** nervoso é uma resposta motora rápida, imediata e involuntária a estímulos. Os reflexos ajudam a preservar a homeostase, ajustando rapidamente as funções de órgãos ou sistemas de órgãos. *(ver Figura 14.15)*
2. Um **arco reflexo** é o "circuito" neuronal de um único reflexo. *(ver Figura 14.15)*
3. Um *receptor* é uma célula especializada que monitora as condições no corpo ou no ambiente externo. Cada receptor tem um intervalo característico de sensibilidade.
4. Há cinco etapas envolvidas no reflexo nervoso: (1) chegada do estímulo e ativação do receptor; (2) transmissão da informação ao SNC; (3) processamento da informação; (4) ativação de um neurônio motor; e (5) resposta de um efetuador periférico. *(ver Figura 14.15)*

Classificação dos reflexos 380

5. Os reflexos são classificados por: (1) seu desenvolvimento (*inato, adquirido*); (2) local de processamento da informação (*espinal, craniano*); (3) resposta motora (*somática, visceral [autônoma]*); e complexidade do circuito neuronal (*monossinápticos, polissinápticos). (ver Figura 14.16)*
6. **Reflexos inatos** são geneticamente determinados. **Reflexos adquiridos** são aprendidos pela exposição repetida a um determinado estímulo. *(ver Figura 14.16)*
7. **Reflexos encefálicos** são os reflexos processados no encéfalo. Em um **reflexo espinal**, as importantes interconexões e o processamento ocorrem no interior da medula espinal. *(ver Figura 14.16)*
8. **Reflexos somáticos** controlam as contrações dos músculos esqueléticos; **reflexos viscerais** (*autônomos*) controlam as atividades dos músculos lisos, do músculo cardíaco e das glândulas. *(ver Figura 14.16)*
9. **Reflexo monossináptico** é o arco reflexo mais simples. Um neurônio sensitivo faz sinapse diretamente com um neurônio motor que atua como um centro processador. **Reflexos polissinápticos** apresentam ao menos um interneurônio interposto entre o neurônio sensitivo, aferente, e o neurônio motor, eferente. *(ver Figuras 14.16/14.17)*

Reflexos medulares 382

10. Os **reflexos medulares** variam de simples reflexos monossinápticos (envolvendo apenas um segmento da medula) a reflexos polissinápticos (nos quais vários segmentos medulares interagem para produzir uma resposta motora coordenada). *(ver Figura 14.17)*
11. O **reflexo de estiramento** é um reflexo monossináptico que regula automaticamente o comprimento e o tono do músculo esquelético. Os receptores sensitivos envolvidos são receptores de estiramento de *fusos musculares. (ver Figura 14.18a)*
12. O **reflexo patelar** é o reflexo em movimento de "chute", no qual um leve impacto no ligamento da patela estira os **fusos musculares** no músculo quadríceps femoral. *(ver Figura 14.18b)*
13. O **reflexo postural** é um reflexo de estiramento que mantém a postura ereta normal.

Centros superiores e integração de reflexos 382

14. Os centros superiores no encéfalo podem potencializar ou inibir os padrões de reflexos motores sediados na medula espinal.

REVISÃO DO CAPÍTULO

Para respostas às questões da Revisão dos Conceitos e Revisão do Capítulo, veja a seção de Respostas na parte final do livro.

Nível 1 – Revisão de fatos e termos

Associe cada item numerado com a letra do item que melhor se relaciona. Utilize letras para as respostas nos espaços apropriados.

Coluna A	Coluna B
___ 1. raiz anterior	a. tratos e fascículos
___ 2. espaço epidural	b. região específica na superfície do corpo
___ 3. substância branca	c. plexo cervical
___ 4. fascículo	d. axônios de neurônios motores
___ 5. dermátomo	e. plexo sacral
___ 6. nervo frênico	f. plexo lombar
___ 7. plexo braquial	g. feixe único de axônios
___ 8. nervo obturatório	h. resposta motora involuntária
___ 9. reflexo	i. tecido conectivo frouxo, tecido adiposo
___10. nervo pudendo	j. cíngulo do membro superior/membro superior

11. A _____ é a terminação da lâmina meníngea interna que oferece sustentação longitudinal como um componente do filamento terminal.
    (a) cauda eqüina (b) parte dural do filamento terminal
    (c) parte pial do filamento terminal (d) raiz posterior

12. Axônios que cruzam de um lado a outro a medula espinal dentro da substância cinzenta são encontrados em:
    (a) colunas anteriores (b) comissuras brancas
    (c) comissuras cinzentas (d) cornos laterais

13. As estruturas em pares que contêm corpos celulares de neurônios sensitivos e são associadas a cada segmento da medula espinal são os:
    (a) ramos posteriores (b) ramos anteriores
    (c) gânglios sensitivos (d) gânglios viscerais

14. A fenda profunda na superfície anterior da medula espinal é:
    (a) o sulco mediano posterior (b) a fissura mediana posterior
    (c) o sulco mediano anterior (d) a fissura mediana anterior

15. Inervações sensitivas e motoras da pele da superfície lateral e anterior do corpo são oferecidas pelos:
    (a) ramos comunicantes brancos (b) ramos comunicantes cinzentos
    (c) ramos posteriores (d) ramos anteriores

16. O plexo braquial:
    (a) inerva o cíngulo do membro superior e o membro superior
    (b) é formado a partir dos ramos anteriores dos nervos espinais C5-T1
    (c) é a origem dos nervos musculocutâneo, radial, mediano e ulnar
    (d) todas as anteriores

17. A camada intermediária de tecido conectivo que circunda cada nervo periférico é o:
    (a) epineuro (b) perineuro
    (c) endoneuro (d) endomísio

18. A área expandida da medula espinal que emite nervos para o cíngulo do membro superior e membros superiores é:
    (a) o cone medular (b) o filamento terminal
    (c) a intumescência lombossacral (d) a intumescência cervical

19. Os nervos espinais são denominados mistos porque:
    (a) contêm fibras sensitivas e motoras
    (b) emergem do forame intervertebral
    (c) são associados a um par de gânglios sensitivos
    (d) são associados a raízes posteriores e anteriores

20. A substância cinzenta da medula espinal é dominada por:
    (a) somente axônios mielínicos
    (b) corpos de células de neurônios e células da glia
    (c) somente axônios amielínicos
    (d) células de Schwann e células satélites

Nível 2 – Revisão de conceitos

1. Qual nervo é o mais provável responsável pela transmissão da sensação de dor quando uma pessoa recebe uma injeção intramuscular na região deltóidea do braço?
    (a) nervo ulnar (b) nervo radial
    (c) nervo intercostobraquial (d) nervo cutâneo lateral superior do braço

2. Qual das seguintes ações estaria comprometida se um indivíduo sofresse uma lesão nos segmentos espinais lombares L3-L4?
    (a) um "*plié*" (flexão leve do joelho) no *ballet*
    (b) sentar com as pernas cruzadas, com a região lateral do pé apoiada na região medial da coxa oposta, para fazer a posição de lótus
    (c) cavalgar
    (d) todas as anteriores

3. Sensações de formigamento e dormência na região palmar da mão poderiam ser causadas por:
    (a) compressão do nervo mediano no túnel do carpo
    (b) compressão do nervo ulnar
    (c) compressão da artéria radial
    (d) irritação das estruturas que formam o arco arterial superficial

4. Qual é o papel das meninges na proteção da medula espinal?

5. Como um reflexo difere de um movimento muscular voluntário?

6. Se a raiz posterior de um nervo espinal* fosse danificada, o que seria afetado?

7. Por que o tempo de resposta em um reflexo monossináptico é muito mais curto do que o tempo de resposta em um reflexo polissináptico?

8. Por que há oito nervos espinais cervicais, mas somente sete vértebras cervicais?

9. O que evita a movimentação lateral da medula espinal?

10. Por que é importante que uma punção espinal seja feita entre a terceira e a quarta vértebras lombares?

Nível 3 – Pensamento crítico

1. A incisão que permite acessar a cavidade abdominal envolve a secção da bainha do músculo reto do abdome. Esse músculo é sempre rebatido lateralmente, nunca medialmente. Por quê?

2. Sandra sofre uma lesão na medula espinal em um acidente de automóvel. Ela perde a sensibilidade na mão direita e seu médico lhe diz que isso é o resultado de um edema que está comprimindo uma parte de sua medula espinal. Que parte da medula espinal parece estar comprimida?

3. Karina cai de um lance de escada e sofre uma lesão na medula espinal devido à hiperextensão da mesma durante a queda. A lesão resulta em um edema da medula espinal, que comprime as células da coluna anterior. Que sintomas seriam esperados como resultado dessa compressão?

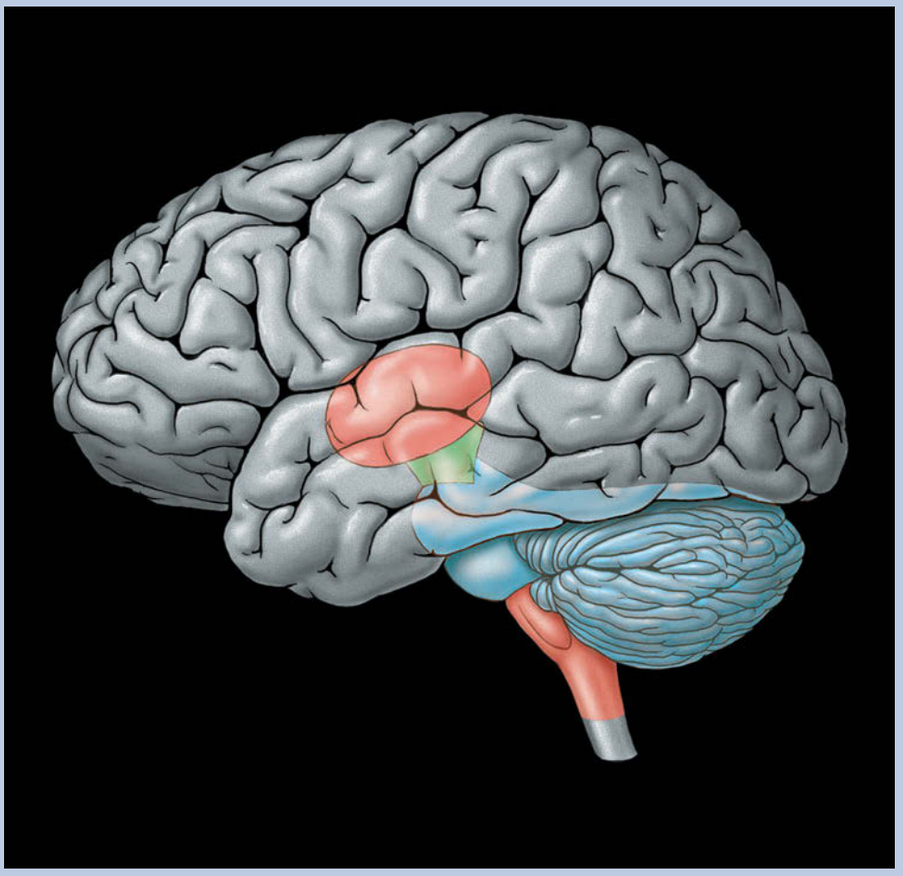
---

* N. de R.T. No original, *spinal cord* ou medula espinal, o que provavelmente é um erro, porque a medula espinal não tem raiz posterior, e sim o nervo espinal. O que a medula espinal tem é um funículo posterior, o que demandaria uma resposta muito complexa à pergunta, fora do padrão das demais perguntas.

15

O Sistema Nervoso

O Encéfalo e os Nervos Cranianos



OBJETIVOS DO CAPÍTULO:

1. Nomear as principais regiões do encéfalo e descrever suas funções.
2. Identificar e descrever os ventrículos encefálicos.
3. Identificar e descrever as estruturas que protegem e sustentam o encéfalo.
4. Descrever as estruturas que constituem a barreira hemato-encefálica e indicar suas funções.
5. Descrever as características estruturais e funcionais do plexo corióideo e seu papel na formação, função e circulação do líquido cerebrospinal.
6. Identificar as estruturas anatômicas do encéfalo e citar suas funções.
7. Identificar os três diferentes tipos de substância branca no encéfalo e citar suas funções.
8. Distinguir as áreas motoras, sensitivas e de associação do córtex cerebral.
9. Identificar as estruturas anatômicas que formam o sistema límbico e descrever suas funções.
10. Identificar as estruturas anatômicas que formam o tálamo e o hipotálamo e citar suas funções.
11. Identificar as principais características do mesencéfalo e descrever suas funções.
12. Identificar os componentes do cerebelo e descrever suas funções.
13. Identificar as estruturas anatômicas do bulbo e descrever suas funções.
14. Identificar e descrever os 12 nervos cranianos.

Introdução 387

Introdução à organização do encéfalo 387

Proteção e sustentação do encéfalo 389

O cérebro 396

O diencéfalo 405

O mesencéfalo 410

A ponte 410

O cerebelo 412

O bulbo 414

Os nervos cranianos 416

O encéfalo é, provavelmente, o mais fascinante órgão do corpo. Possui uma estrutura tridimensional complexa e realiza uma série desconcertante de funções. Freqüentemente, o encéfalo é considerado como um computador orgânico, com seus núcleos e neurônios individuais comparados a "chips" e "conexões". Assim como o encéfalo, um computador recebe a entrada de uma enorme quantidade de informação, arquiva e processa essa informação, e comanda a saída de respostas apropriadas. Entretanto, qualquer comparação direta entre o encéfalo e um computador é ilusória, porque até o mais sofisticado computador não tem a versatilidade e a adaptabilidade de um único neurônio. Um neurônio pode processar informações provenientes de até 200.000 fontes diferentes ao mesmo tempo, e há dezenas de bilhões de neurônios no sistema nervoso. Em vez de continuar citando as atividades que podem ser realizadas pelo encéfalo, é mais apropriado considerar este órgão incrivelmente complexo como a fonte de todos os nossos sonhos, paixões, planos, memórias e comportamentos. Tudo o que fazemos e somos resulta de sua atividade.

O encéfalo é muito mais complexo do que a medula espinal, e pode responder a estímulos com grande versatilidade. Essa versatilidade resulta do incrível número de neurônios e redes neuronais no encéfalo e da complexidade de suas interconexões. O encéfalo contém cerca de 20 bilhões de neurônios, cada um dos quais pode receber informação por meio de milhares de sinapses simultaneamente. Interações excitadoras e inibidoras entre as extensas redes neuronais interconectadas asseguram que a resposta possa variar para se adequar às mais variáveis circunstâncias. Mas a adaptabilidade tem um preço: a resposta não pode ser imediata, precisa e adaptável, tudo ao mesmo tempo. A adaptabilidade é um processo que exige múltiplos estádios, e cada sinapse retarda o intervalo entre o estímulo e a resposta. Uma das principais funções dos reflexos espinais é fornecer uma resposta *imediata*, que pode ser refinada ou elaborada por centros de processamento mais versáteis, porém mais lentos, no encéfalo.

Iniciaremos agora um estudo detalhado do encéfalo. Este capítulo concentra a atenção sobre as principais estruturas do encéfalo e suas relações com os nervos cranianos.

Introdução à organização do encéfalo [Figura 15.1]

O encéfalo humano adulto (**Figura 15.1**) contém quase 95% do tecido nervoso de todo o corpo. Um encéfalo adulto médio pesa 1,4 kg e tem um volume de 1.350 mL. Há uma variação individual considerável, sendo o encéfalo masculino, em média, cerca de 10% maior do que o feminino, correspondendo esta diferença ao tamanho médio do corpo. Seu aspecto externo, relativamente homogêneo, fornece poucas pistas sobre a sua real complexidade e importância. O encéfalo adulto cabe facilmente em ambas as mãos. Um encéfalo recém-removido é acinzentado externamente e seus tecidos internos são rosados. Considerado como um todo, ele tem a consistência de um tofu mais ou menos firme ou de gelatina fria.

No início do desenvolvimento, o encéfalo se assemelha à medula espinal – oco e com um estreito canal central, preenchido com líquido cerebrospinal. Conforme o desenvolvimento avança, esse canal se subdivide e, em várias regiões, se expande para formar câmaras dilatadas chamadas de *ventrículos*. Apresentaremos a anatomia desses ventrículos posteriormente, em outra seção.

Embriologia do encéfalo [Tabela 15.1]

O desenvolvimento do encéfalo é discutido em detalhes no Capítulo 28. Entretanto, uma breve revisão irá ajudá-lo a entender a estrutura e a organização do encéfalo adulto. O sistema nervoso central se inicia como um *tubo neural* oco que contém uma cavidade interna, preenchida por líquido, chamada de *neurocele*. Na quarta semana de desenvolvimento, três áreas do pólo cefálico do tubo neural se dilatam rapidamente devido à expansão da neurocele. Estas dilatações criam três **vesículas encefálicas primárias** salientes, nomeadas de acordo com sua posição: **prosencéfalo** (*proso*, à frente + *enkephalos*, cérebro) ou "cérebro anterior"; **mesencéfalo** (*mesos*, médio) ou "cérebro médio"; e **rombencéfalo** ou "cérebro posterior".

O desenvolvimento ulterior das três divisões primárias do encéfalo está resumido na Tabela 15.1. O prosencéfalo e o rombencéfalo depois se subdividem para formar as **vesículas encefálicas secundárias**. O prosencéfalo forma o **telencéfalo** (*telos*, terminal) e o *diencéfalo*. O telencéfalo forma o *cérebro*, os dois hemisférios cerebrais que constituem a face súpero-lateral do cérebro adulto. O diencéfalo, oco, possui um teto (o *epitálamo*), paredes (os *tálamos* direito e esquerdo) e um soalho (o *hipotálamo*). Na época do fechamento da extremidade anterior do tubo neural, duas protuberâncias secundárias, as *vesículas ópticas*, se salientam para fora dos lados do diencéfalo. Além disso, o encéfalo em desenvolvimento se curva, formando flexuras que marcam os limites entre os ventrículos. O mesencéfalo não se subdivide, mas suas paredes se espessam e a neurocele torna-se um ducto estreito, com um diâmetro comparável ao do canal central da medula espinal. A parte do rombencéfalo mais próxima do mesencéfalo forma o **metencéfalo** (*meta*, além). A parte ventral do metencéfalo se desenvolve na *ponte*, e a parte dorsal se torna o *cerebelo*. A parte do rombencéfalo mais próxima da medula espinal torna-se o **mielencéfalo** (*myelon*, medula), que irá formar o *bulbo*. A seguir, examinaremos cada uma destas estruturas no encéfalo adulto.

Principais regiões e pontos de referência [Figura 15.1]

Há seis regiões principais no encéfalo adulto: (1) o *cérebro*, (2) o *diencéfalo*, (3) o *mesencéfalo*, (4) a *ponte*, (5) o *cerebelo* e (6) o *bulbo*. Acompanhe a Figura 15.1 enquanto fornecemos uma visão geral de cada divisão.

O cérebro

O **cérebro** é a maior parte do encéfalo. Está dividido em dois grandes **hemisférios cerebrais**, separados pela **fissura longitudinal**. A superfície do cérebro, o *córtex* cerebral, é constituída por substância cinzenta. O córtex cerebral é convoluto por fendas chamadas de *sulcos*. Esses sulcos separam cristas intermediárias, denominadas *giros*. O cérebro está convenientemente dividido em *lobos* por meio de um número de sulcos maiores, e o nome dos lobos deriva dos ossos do crânio adjacentes a eles.

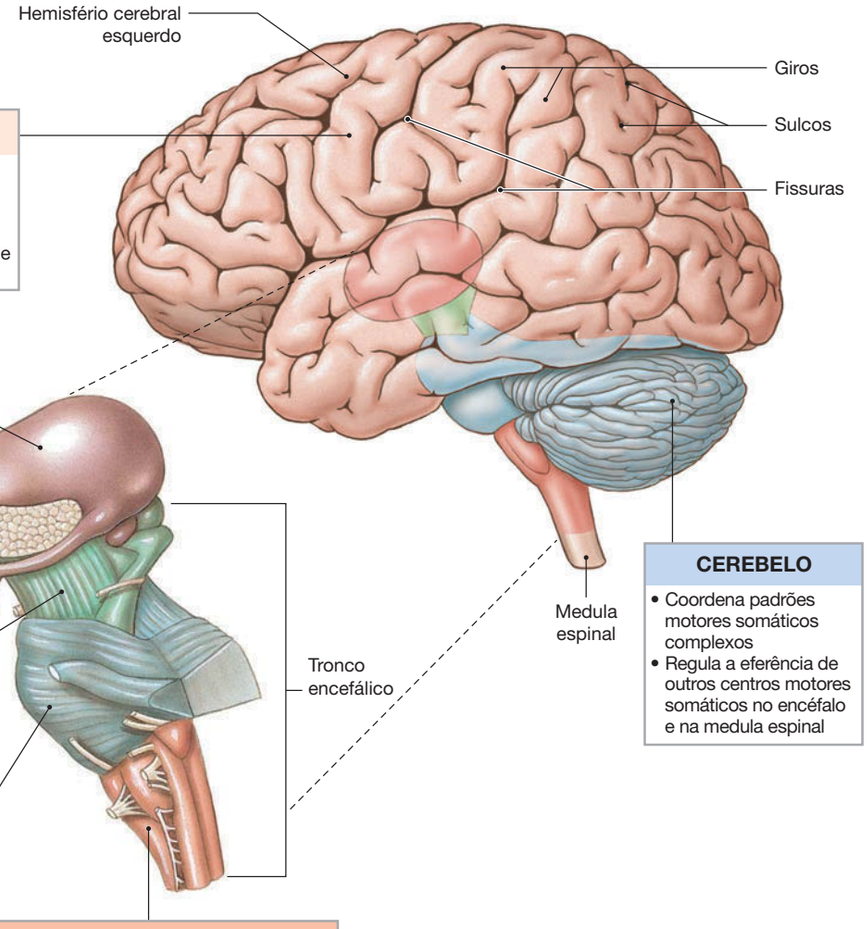
O processamento consciente do pensamento, as funções intelectuais, o armazenamento e a recuperação da memória e os padrões motores complexos originam-se no cérebro.

O diencéfalo

A parte profunda do encéfalo, ligada ao cérebro, é chamada de **diencéfalo** (*dia*, através). O diencéfalo tem três subdivisões*, e suas funções podem ser resumidas como se segue:

- O **epitálamo** contém uma estrutura endócrina que secreta hormônios, a *glândula pineal*.
- O **tálamo** direito e o tálamo esquerdo são centros de processamento e de retransmissão de informação sensitiva.
- O soalho do diencéfalo é formado pelo **hipotálamo** (*hypos*, abaixo), um centro de controle visceral. Uma haste estreita conecta o hipotálamo à **hipófise** (*phyein*, gerar). O hipotálamo contém cen-

* N. de R.T. A Terminologia Anatômica registra, na última versão oficial, cinco divisões do diencéfalo: tálamo, epitálamo, subtálamo, metatálamo e hipotálamo.



CÉREBRO
- Processamento consciente do pensamento, funções intelectuais
- Armazenamento e processamento da memória
- Regulação consciente e subconsciente de contrações dos músculos esqueléticos

DIENCÉFALO

TÁLAMO
- Centros de processamento e retransmissão de informação sensitiva

HIPOTÁLAMO
- Centros de controle de emoções, funções autonômicas e produção hormonal

MESENCÉFALO
- Processamento de estímulos visuais e auditivos
- Geração de motricidade reflexa somática
- Manutenção da consciência

PONTE
- Retransmite a informação sensitiva para o cerebelo e o tálamo
- Centros motores somáticos e viscerais subconscientes

CEREBELO
- Coordena padrões motores somáticos complexos
- Regula a eferência de outros centros motores somáticos no encéfalo e na medula espinal

BULBO
- Retransmite a informação sensitiva para o tálamo e outras partes do tronco encefálico
- Centros autonômicos para a regulação da função visceral (atividades dos sistemas circulatório, respiratório e digestório)

Figura 15.1 Principais divisões do encéfalo.
Uma introdução às regiões encefálicas e suas principais funções.

TABELA 15.1 Desenvolvimento do encéfalo humano (*Ver também Capítulo 28, págs. 747-798, para um resumo embriológico*)

Vesículas encefálicas primárias (embrião de 3 semanas)	Vesículas encefálicas secundárias (embrião de 6 semanas)	Regiões encefálicas no recém-nascido
	Telencéfalo	Cérebro
Prosencéfalo	Diencéfalo	Diencéfalo
Mesencéfalo	Mesencéfalo	Mesencéfalo
	Metencéfalo	Cerebelo e ponte
Rombencéfalo	Mielencéfalo	Bulbo

tros envolvidos em emoções, função do sistema nervoso autônomo e produção hormonal. É a ligação primária entre os sistemas nervoso e endócrino.

Para visualizar as relações entre estas estruturas, você pode comparar o diencéfalo a uma caixa de sapatos vazia: a tampa é o *epitálamo*, os lados direito e esquerdo são os *tálamos*, o fundo é o *hipotálamo* e o espaço interno é um *ventrículo*.

As demais regiões encefálicas são, em conjunto, conhecidas como *tronco encefálico*. O **tronco encefálico** é constituído por mesencéfalo, ponte e bulbo[1]. O tronco encefálico contém importantes centros de processamento e também retransmite a informação do e para o cérebro ou cerebelo. Acompanhe a **Figura 15.1** enquanto descrevemos a estrutura do tronco encefálico.

O mesencéfalo

Núcleos no **mesencéfalo** processam informação visual e auditiva e coordenam e comandam respostas somáticas motoras reflexas a estes estímulos. Esta região também contém centros envolvidos com a manutenção da consciência.

A ponte e o cerebelo

A **ponte** se situa imediatamente abaixo do mesencéfalo. Ela contém núcleos envolvidos no controle motor somático e visceral. O termo *ponte* se refere a uma ligação, e a ponte conecta o cerebelo ao tronco encefálico. Os hemisférios do **cerebelo**, relativamente pequenos, se localizam posteriormente à ponte e inferiormente aos hemisférios cerebrais. O cerebelo faz a regulação automática das atividades motoras, com base na informação sensitiva e na memória de padrões motores aprendidos.

O bulbo

A medula espinal se conecta ao tronco encefálico pelo **bulbo**. A parte superior do bulbo possui um teto fino, membranoso, enquanto a parte inferior se assemelha à medula espinal. O bulbo retransmite a informação sensitiva para o tálamo e outros centros do tronco encefálico. Além disso, o bulbo contém importantes centros relacionados à regulação da função autonômica, como freqüência cardíaca, pressão sangüínea e atividades digestivas.

Organização da substância cinzenta e da substância branca

A distribuição geral da substância cinzenta no tronco encefálico é semelhante àquela na medula espinal; há uma região interna de substância cinzenta cercada por tratos de substância branca. A substância cinzenta circunda os ventrículos e ductos cheios de líquido que correspondem ao canal central da medula espinal. A substância cinzenta forma *núcleos* – agrupamentos esféricos, ovais ou irregulares de corpos celulares de neurônios. pág. 367 Embora os tratos de substância branca envolvam esses núcleos, a disposição não é tão previsível como o é na medula espinal. Por exemplo, os tratos podem começar, terminar, mesclar-se ou ramificar-se durante seu trajeto à medida que passam ao redor ou através dos núcleos. No cérebro e no cerebelo, a substância branca é recoberta pelo **córtex nervoso** (*cortex*, casca), uma camada superficial de substância cinzenta.

O termo *centros superiores* se refere aos núcleos, centros e áreas corticais do cérebro, cerebelo, diencéfalo e mesencéfalo. A eferência desses centros de processamento modifica as atividades dos núcleos e centros da parte inferior do tronco encefálico e da medula espinal. Os núcleos e áreas corticais do encéfalo podem receber informação sensitiva e emitir comandos motores aos órgãos efetuadores periféricos indiretamente, por meio da medula espinal e dos nervos espinais, ou diretamente, por meio dos nervos cranianos.

[1] Alguns autores consideram o diencéfalo como pertencente ao tronco encefálico. Utilizaremos aqui a definição mais restrita.

Os ventrículos encefálicos [Figura 15.2]

Ventrículos são cavidades cheias de líquido, dentro do encéfalo. Eles são preenchidos com líquido cerebrospinal e revestidos pelas células ependimais. pág. 345 Existem quatro ventrículos no encéfalo adulto: um em cada hemisfério cerebral, um terceiro no diencéfalo e um quarto localizado entre a ponte e o cerebelo e que se estende até a parte superior do bulbo. A **Figura 15.2** mostra a posição e a orientação dos ventrículos.

Os ventrículos nos hemisférios cerebrais têm uma forma complexa. Uma fina parede medial, o **septo pelúcido**, separa o par de **ventrículos laterais**. O *corpo* de cada ventrículo lateral se localiza no lobo parietal, com um *corno frontal* (anterior) se estendendo até o lobo frontal. O corpo de cada ventrículo lateral também se comunica com um *corno occipital* (posterior), que se projeta no lobo occipital, e com um *corno temporal* (inferior), que se curva lateralmente no lobo temporal. Não há uma conexão direta entre os dois ventrículos laterais, mas cada um deles se comunica com o ventrículo do diencéfalo através de um **forame interventricular** (*forame de Monro*). Por existirem dois ventrículos laterais (primeiro e segundo), a cavidade ventricular do diencéfalo é chamada de **terceiro ventrículo**.

O mesencéfalo possui um canal estreito conhecido como **aqueduto do mesencéfalo** (*aqueduto de Sílvio* ou *aqueduto cerebral*). Esse ducto conecta o terceiro ventrículo com o **quarto ventrículo**, que se inicia entre a ponte e o cerebelo. Na parte inferior do bulbo, o quarto ventrículo se estreita e torna-se contínuo com o canal central da medula espinal. Há circulação de líquido cerebrospinal dos ventrículos e do canal central da medula espinal para o espaço subaracnóideo, através de forames localizados no teto do quarto ventrículo. Contudo, antes que você possa entender a origem e a circulação do líquido cerebrospinal, você precisará saber mais a respeito da organização das meninges encefálicas e como elas diferem das meninges espinais, introduzidas no Capítulo 14. pág. 362

REVISÃO DOS CONCEITOS

1. Cite as seis divisões principais do encéfalo adulto.
2. Quais são as três principais estruturas do tronco encefálico?
3. O que são ventrículos? Que tipo de célula epitelial os reveste?
4. Cite as vesículas encefálicas secundárias e as regiões do encéfalo associadas com cada uma delas ao nascimento.

Veja a seção de Respostas na parte final do livro.

Proteção e sustentação do encéfalo

O encéfalo humano é um órgão extremamente delicado que deve ser protegido de lesão, mas ainda assim precisa estar em contato com o restante do corpo. Ele também necessita de uma grande quantidade de nutrientes e oxigênio e, portanto, de um amplo suprimento sangüíneo, mas ainda assim deve estar isolado de componentes do sangue que possam interferir nas suas complexas operações. A proteção, sustentação e nutrição do encéfalo envolvem (1) os ossos do crânio, que são estudados no Capítulo 6, págs. 135-154, (2) as meninges encefálicas, (3) o líquido cerebrospinal e (4) a barreira hemato-encefálica.

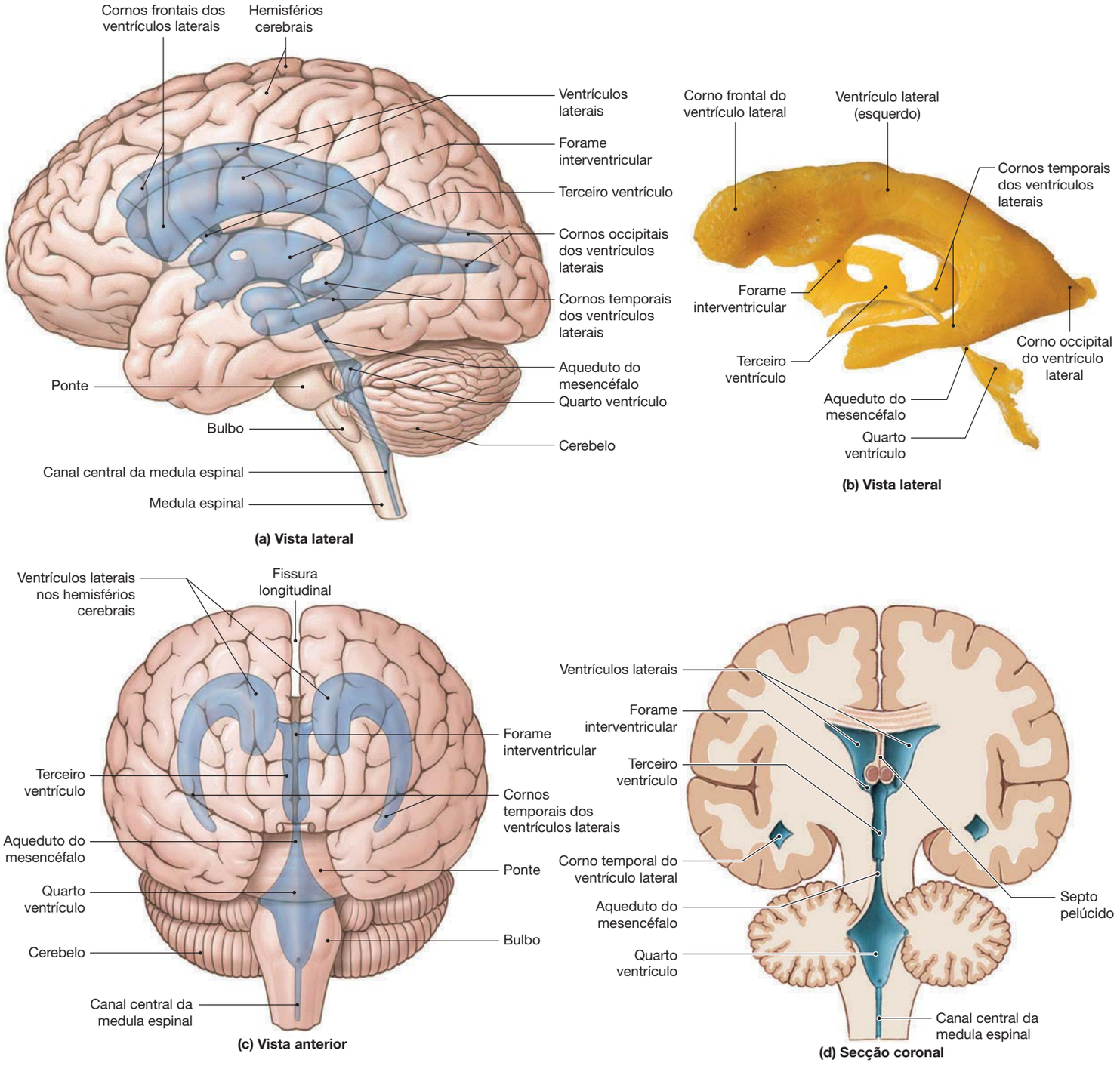


Figura 15.2 Ventrículos encefálicos.
Os ventrículos contêm líquido cerebrospinal, que transporta nutrientes, mensageiros químicos e resíduos metabólicos.
(a) Orientação e extensão dos ventrículos, em vista lateral de um encéfalo transparente. **(b)** Vista lateral de um modelo plástico dos ventrículos. **(c)** Vista anterior dos ventrículos, através de um encéfalo transparente. **(d)** Esquema de secção coronal, mostrando as interconexões entre os ventrículos.

Nota clínica

Traumatismos cranioencefálicos O *traumatismo cranioencefálico* (*TCE*) pode resultar de um impacto forte entre a cabeça e um objeto rígido ou de um solavanco extremo. Os traumatismos cranioencefálicos são responsáveis por mais da metade das mortes atribuídas aos traumas. Todo ano, ocorrem cerca de 1,5 milhão de casos de TCE nos Estados Unidos. Aproximadamente 50.000 pessoas morrem e outras 80.000 têm deficiências a longo prazo.

As *concussões* podem estar associadas até com lesões cranianas leves. Uma concussão pode consistir em confusão breve com estado mental anormal, perda temporária da consciência e algum grau de amnésia. Os médicos devem examinar atentamente os pacientes com concussão e utilizar exames radiográficos ou tomográficos de crânio para verificar se há fratura ou hemorragia craniana. Concussões leves causam uma breve interrupção da consciência e pouca perda de memória. Concussões graves produzem longos períodos de inconsciência e funções neurológicas anormais. As concussões graves estão tipicamente associadas com contusões (equimoses), hemorragias ou lacerações (avulsões) do tecido nervoso; as possibilidades de recuperação variam de acordo com as áreas afetadas. Uma lesão extensa da formação reticular pode resultar em um estado permanente de inconsciência (coma), e uma lesão da parte inferior do tronco encefálico geralmente é fatal.

O uso de capacetes durante atividades como ciclismo, equitação, "skatismo" ou motociclismo, em esportes de contato físico, como futebol e hóquei, e no beisebol (rebatendo ou correndo as bases) fornece proteção para o encéfalo. Cintos de segurança também proporcionam proteção similar no caso de um acidente automobilístico. Se ocorrer concussão, é recomendada a restrição das atividades, inclusive adiamento do retorno à atividade que causou a lesão.

As meninges encefálicas [Figura 15.3]

O encéfalo está alojado no interior da cavidade do crânio, e há uma óbvia correspondência entre as formas do encéfalo e dessa cavidade (**Figura 15.3**). Os ossos do crânio fornecem proteção mecânica, mas também podem ser uma ameaça. O encéfalo pode ser comparado a uma pessoa dirigindo um veículo. Ao atingir uma árvore, o veículo protege o motorista do impacto contra a árvore, mas graves lesões podem ocorrer a menos que um cinto de segurança ou um "air-bag" protejam o motorista do impacto contra o próprio veículo.

No interior da cavidade do crânio, as **meninges encefálicas** que envolvem o encéfalo fornecem esta proteção, atuando como amortecedores de choque que evitam o contato com os ossos adjacentes (**Figura 15.3a**). As meninges encefálicas se continuam com as meninges espinais, e elas têm as mesmas três camadas: *dura-máter* (mais externa), *aracnóide-máter* (média) e *pia-máter* (mais interna). Entretanto, as meninges encefálicas têm funções e especializações distintas.

A dura-máter [Figuras 15.3/15.4]

A **dura-máter** encefálica consiste em duas camadas fibrosas. A camada mais externa, ou *lâmina endóstea*, está fundida ao periósteo que reveste internamente os ossos do crânio (**Figura 15.3a**). A camada mais interna é chamada de *lâmina meníngea*, e em vários locais as lâminas endóstea e meníngea estão separadas por um estreito espaço que contém líquido intersticial e vasos sangüíneos, incluindo grandes veias conhecidas como **seios da dura-máter**. As veias do encéfalo desembocam nesses seios, que por sua vez levam o sangue para a *veia jugular interna*, no pescoço.

Em quatro locais, pregas da lâmina meníngea da dura-máter encefálica se introduzem profundamente no interior da cavidade do crânio. Estes septos subdividem a cavidade do crânio e proporcionam sustentação para o encéfalo, limitando seu movimento (**Figuras 15.3b** e **15.4**).

- A **foice do cérebro** (*falx*, curvo, ou em forma de foice) é uma prega de dura-máter que se projeta entre os hemisférios cerebrais, na fissura longitudinal. Sua margem inferior está fixada à crista etmoidal (anteriormente) e à protuberância occipital interna e ao tentório do cerebelo (posteriormente). Dois grandes seios venosos, o **seio sagital superior** e o **seio sagital inferior**, se situam nessa prega de dura-máter.
- O **tentório do cerebelo** (*tentorium*, cobertura) sustenta e protege os dois lobos occipitais do cérebro. Ele também separa os hemisférios do cerebelo dos hemisférios cerebrais. Estende-se, transversalmente através da cavidade do crânio, até se encontrar com a foice do cérebro. O **seio transverso** situa-se no tentório do cerebelo.
- A **foice do cerebelo** se estende na linha sagital, inferiormente ao tentório do cerebelo, separando os dois hemisférios do cerebelo entre si. Sua margem posterior, cuja posição é fixa, contém o **seio occipital**.
- O **diafragma da sela** é uma continuação da lâmina de dura-máter que reveste a sela turca do esfenóide (**Figura 15.3b**). O diafragma da sela fixa a dura-máter ao esfenóide e forma uma bainha para a base da hipófise.

A aracnóide-máter [Figura 15.4]

A **aracnóide-máter** encefálica é uma delicada membrana que recobre o encéfalo e se situa entre a dura-máter, superficial, e a pia-máter, que está em contato com o tecido nervoso do encéfalo. Em muitas preparações anatômicas, um estreito **espaço subdural** separa os epitélios da dura-máter e da aracnóide-máter encefálicas. Parece, entretanto, que no indivíduo vivo esse espaço não existe. A aracnóide-máter encefálica possui uma superfície lisa que não acompanha os giros e sulcos abaixo dela. Profundamente à aracnóide-máter está o **espaço subaracnóideo**, que contém uma delicada malha reticular de fibras colágenas e elásticas que une a aracnóide-máter à pia-máter subjacente. Externamente, ao longo do eixo do seio sagital superior, prolongamentos digitiformes da aracnóide-máter encefálica perfuram a dura-máter e se projetam no interior dos seios venosos. Nestas projeções, chamadas de **granulações aracnóideas**, o líquido cerebrospinal flui por feixes fibrosos (as *trabéculas aracnóideas*), atravessa a aracnóide-máter e penetra na circulação sangüínea (**Figura 15.4b,c**). A aracnóide-máter encefálica atua como um teto para os vasos sangüíneos encefálicos, enquanto a pia-máter, abaixo, forma um soalho. As artérias e veias cerebrais são sustentadas pelas trabéculas aracnóideas e envolvidas pelo líquido cerebrospinal. Os vasos sangüíneos, envolvidos e sustentados pelas trabéculas aracnóideas, penetram na intimidade do encéfalo, dentro de canais revestidos por pia-máter.

A pia-máter [Figura 15.4]

A **pia-máter** encefálica está firmemente aderida ao contorno irregular da superfície do encéfalo, acompanhando os giros e revestindo os sulcos. A pia-máter está fixada à superfície do encéfalo por prolongamentos de astrócitos ∞ **págs. 344-345** A pia-máter encefálica é uma membrana densamente vascularizada que atua como um soalho de sustentação para os grandes vasos sangüíneos cerebrais, enquanto eles se ramificam sobre a superfície do encéfalo e invadem os contornos nervosos para suprir as áreas superficiais do córtex nervoso (**Figura 15.4**). Um amplo suprimento sangüíneo é vital, porque o encéfalo exige uma fonte constante de nutrientes e oxigênio.

A barreira hemato-encefálica

O tecido nervoso no sistema nervoso central (SNC) possui um amplo suprimento sangüíneo, embora esteja isolado da circulação sistêmica pela

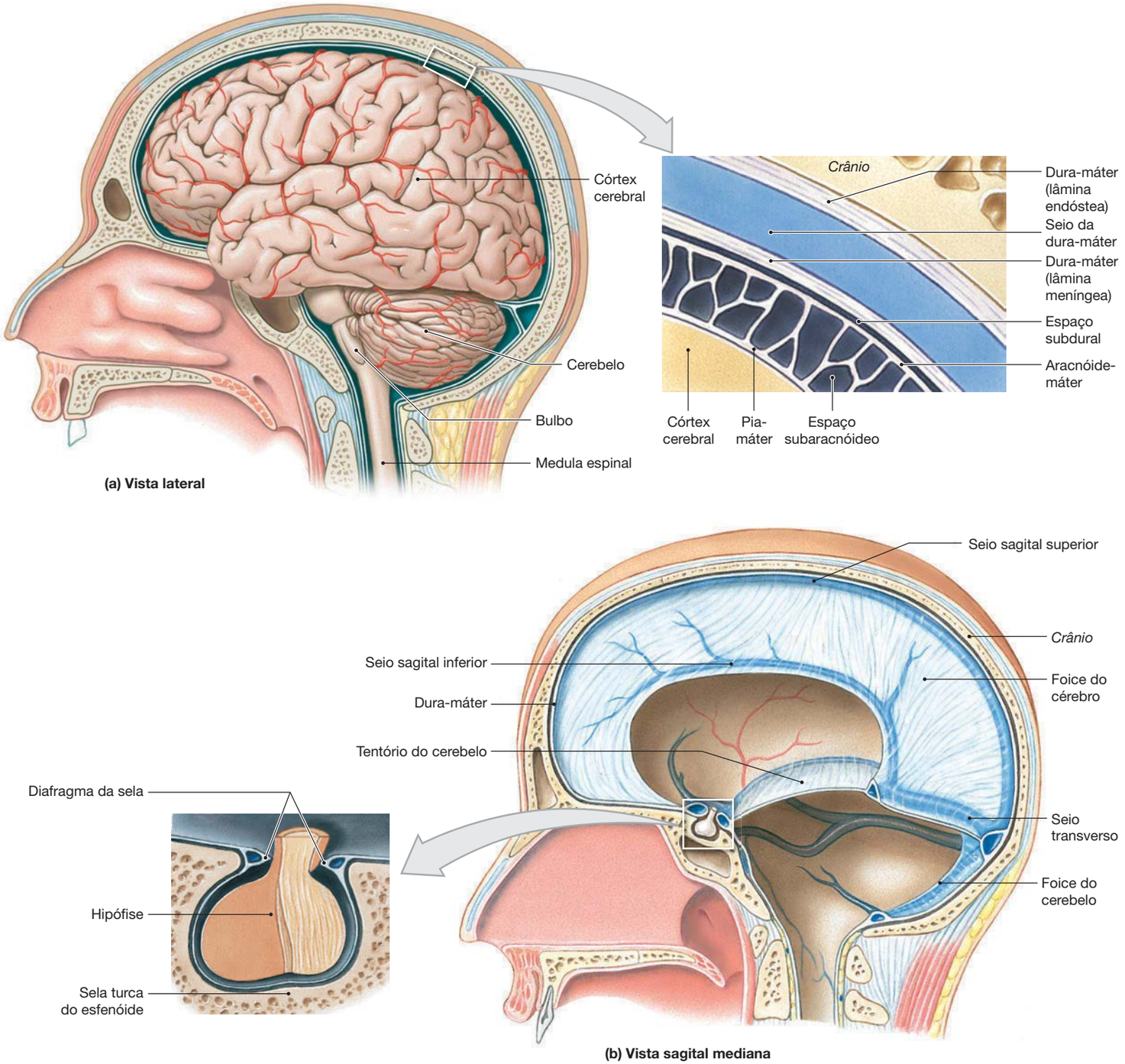


Figura 15.3 Relações entre o encéfalo, o crânio e as meninges.
(a) Vista lateral do encéfalo, mostrando sua posição no crânio e a organização das membranas meníngeas.
(b) Vista correspondente da cavidade do crânio com o encéfalo removido, mostrando a orientação e extensão da foice do cérebro e do tentório do cerebelo.

barreira hemato-encefálica (**BHE**). Essa barreira fornece meios para a manutenção de um ambiente constante, necessário para o controle e o funcionamento adequado dos neurônios do SNC.

A barreira existe por causa da anatomia específica e das características de transporte das células endoteliais que revestem os capilares do SNC. Essas células endoteliais estão extensamente interconectadas por junções oclusivas, que evitam a difusão de material entre células endoteliais adjacentes. Como resultado, somente compostos lipossolúveis podem se difundir através dos plasmalemas endoteliais para o líquido intersticial do encéfalo e da medula espinal. Além disso, as células endoteliais capilares exibem múltiplas e pequenas vesículas pinocíticas, o que limita o movimento de compostos de alto peso molecular para o SNC. Compostos hidrossolúveis podem atravessar as paredes dos capilares somente por meio de mecanismos de transporte ativo ou passivo. Muitas proteínas de transporte diferentes estão envolvidas, e suas atividades são bem específicas. Por exemplo, o sistema de trans-

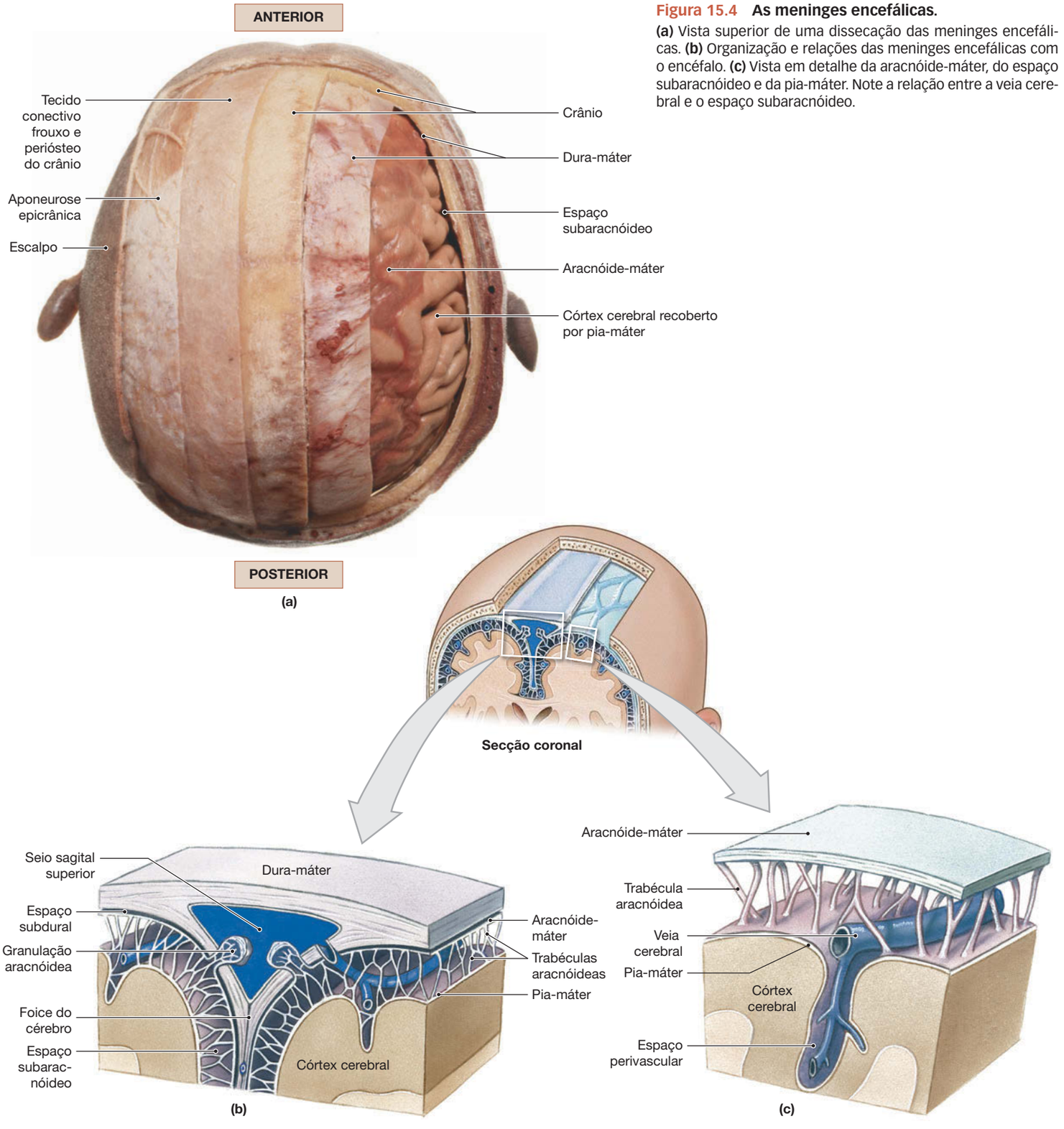


Figura 15.4 As meninges encefálicas.
(a) Vista superior de uma dissecação das meninges encefálicas. **(b)** Organização e relações das meninges encefálicas com o encéfalo. **(c)** Vista em detalhe da aracnóide-máter, do espaço subaracnóideo e da pia-máter. Note a relação entre a veia cerebral e o espaço subaracnóideo.

porte que carreia glicose é diferente daquele que transporta grandes moléculas de aminoácidos. As características de permeabilidade seletiva do revestimento endotelial dos capilares encefálicos dependem, de alguma maneira, da secreção de substâncias químicas pelos astrócitos. Estas células, que estão em íntimo contato com os capilares do SNC, são descritas no Capítulo 13. pág. 344

O transporte endotelial através da barreira hemato-encefálica é seletivo e direcional. Os neurônios necessitam constantemente de glicose, que deve ser suprida independentemente das suas concentrações relativas no sangue e no líquido intersticial. Mesmo quando os níveis de glicose no sangue circulante estão baixos, as células endoteliais continuam transportando glicose do sangue para o líquido intersticial do encéfalo. Em

Nota clínica

Hemorragias epidural e subdural Um traumatismo cranioencefálico (TCE) grave pode lesar os vasos meníngeos e causar sangramento no espaço epidural ou subdural. As causas mais comuns de sangramento epidural, ou **hemorragia epidural**, envolvem a ruptura de uma artéria. A pressão sangüínea arterial força, rapidamente, grandes quantidades de sangue para o espaço epidural, deformando os tecidos moles subjacentes do encéfalo. O indivíduo perde a consciência por minutos ou horas depois da lesão, e os casos não tratados são fatais.

Uma hemorragia epidural envolvendo uma veia lesada não produz sintomatologia evidente imediatamente, e o indivíduo pode ficar inconsciente após muitas horas, dias ou até semanas depois do acidente original. Conseqüentemente, o problema pode não ser notado até que o tecido nervoso tenha sido gravemente lesado por deformação, compressão e hemorragia secundária. Hemorragias epidurais são raras, ocorrendo em menos de 1% dos TCEs. Esta raridade é providencial, pois a mortalidade é de 100% nos casos não tratados e de mais de 50% mesmo depois da remoção da massa sangüínea e da oclusão do vaso lesado.

O termo **hemorragia subdural** é às vezes enganoso, porque na realidade o sangue penetra na camada interna da dura-máter, fluindo sob o epitélio que está em contato com a membrana da aracnóide-máter. As hemorragias subdurais são, grosso modo, duas vezes mais freqüentes do que as hemorragias epidurais. A fonte mais comum de sangramento é uma veia pequena ou um dos seios venosos. Como a pressão sangüínea é menor do que em uma hemorragia epidural típica, a extensão e os efeitos desta patologia podem ser muito variáveis. A hemorragia produz uma massa de sangue coagulado ou parcialmente coagulado; essa massa é chamada de *hematoma*. *Hematomas subdurais agudos* tornam-se sintomáticos em minutos ou horas após a lesão. *Hematomas subdurais crônicos* podem causar sintomas depois de semanas, meses ou mesmo anos do TCE.

contraste, o aminoácido *glicina* é um neurotransmissor, e sua concentração no tecido nervoso deve ser mantida muito abaixo daquela no sangue circulante. As células endoteliais absorvem ativamente este composto do líquido intersticial do encéfalo e o secretam para o sangue.

A barreira hemato-encefálica se mantém íntegra por todo o SNC, com três notáveis exceções:

1. Em partes do hipotálamo, o endotélio capilar tem sua permeabilidade aumentada, o que expõe os núcleos hipotalâmicos nas áreas rostral e intermédia aos hormônios circulantes e permite a difusão dos hormônios hipotalâmicos na circulação geral.
2. Os capilares na *glândula pineal* também são muito permeáveis. A glândula pineal, uma estrutura endócrina, está localizada no teto do diencéfalo. A permeabilidade capilar permite que as secreções da glândula pineal entrem na circulação geral.
3. No teto membranoso do terceiro e do quarto ventrículos, a pia-máter sustenta profusas redes capilares que se projetam para o interior dos ventrículos encefálicos. Esses capilares são excessivamente permeáveis. Entretanto, as substâncias não têm livre acesso ao SNC porque os capilares são cobertos por células ependimais modificadas interconectadas por junções oclusivas. Este complexo, o *plexo corióideo*, é o local de produção do líquido cerebrospinal.

Líquido cerebrospinal

O **líquido cerebrospinal** envolve e banha completamente as superfícies expostas do sistema nervoso central (SNC). Ele tem várias funções importantes, incluindo:

1. *Evitamento do contato* entre as delicadas estruturas nervosas e os ossos subjacentes.
2. *Sustentação do encéfalo*: Em essência, o encéfalo está suspenso dentro da cavidade do crânio, flutuando no líquido cerebrospinal. Um encéfalo humano pesa aproximadamente 1.400 g no ar, mas é somente um pouco menos denso do que a água; quando sustentado pelo líquido cerebrospinal, pesa apenas cerca de 50 g.
3. *Transporte de nutrientes, mensageiros químicos e resíduos metabólicos*: Exceto no plexo corióideo, o revestimento ependimal é livremente permeável, e o líquido cerebrospinal está em constante equilíbrio químico com o líquido intersticial do SNC. Por causa do livre intercâmbio que ocorre entre o líquido intersticial e o líquido cerebrospinal, alterações na função do SNC podem produzir modificações na composição do líquido cerebrospinal. Como visto no Capítulo 14, uma punção lombar pode fornecer informação clínica útil relativa à lesão, infecção ou doença do SNC. pág. 366

Formação do líquido cerebrospinal [Figura 15.5]

Todos os ventrículos contêm um **plexo corióideo** (*choroid*, membrana vascular + *plexus*, rede), que consiste na combinação de células ependimais especializadas e capilares altamente permeáveis. Duas extensas pregas do plexo corióideo se originam do teto do terceiro ventrículo e se estendem, através do forame interventricular, para os ventrículos laterais, cobrindo os soalhos dos ventrículos laterais (Figura 15.5a). Na parte inferior do tronco encefálico, o plexo corióideo do teto do quarto ventrículo se projeta entre o cerebelo e a ponte.

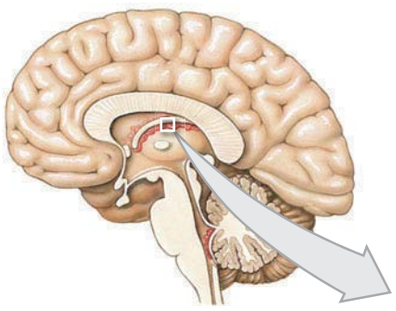
O plexo corióideo é responsável pela produção do líquido cerebrospinal. Os capilares são fenestrados e altamente permeáveis, mas grandes células ependimais altamente especializadas recobrem os capilares, evitando o livre intercâmbio entre esses capilares e o líquido cerebrospinal dos ventrículos. As células ependimais utilizam mecanismos de transporte ativo e passivo para secretar o líquido cerebrospinal para o interior dos ventrículos. A regulação da composição do líquido cerebrospinal envolve o transporte em ambas as direções, e o plexo corióideo remove os resíduos metabólicos do líquido cerebrospinal e refina sua composição todo o tempo. Há muitas diferenças de composição entre o líquido cerebrospinal e o plasma sangüíneo (sangue com os elementos celulares removidos). Por exemplo, o sangue contém altas concentrações de proteínas em suspensão, mas o líquido cerebrospinal, não. Também há diferenças na concentração de alguns íons e nos níveis de aminoácidos, lipídeos e resíduos metabólicos (Figura 15.5b). Portanto, embora o líquido cerebrospinal seja derivado do plasma, ele não é simplesmente um filtrado do sangue.

Circulação do líquido cerebrospinal [Figuras 14.4a/15.4b/15.6]

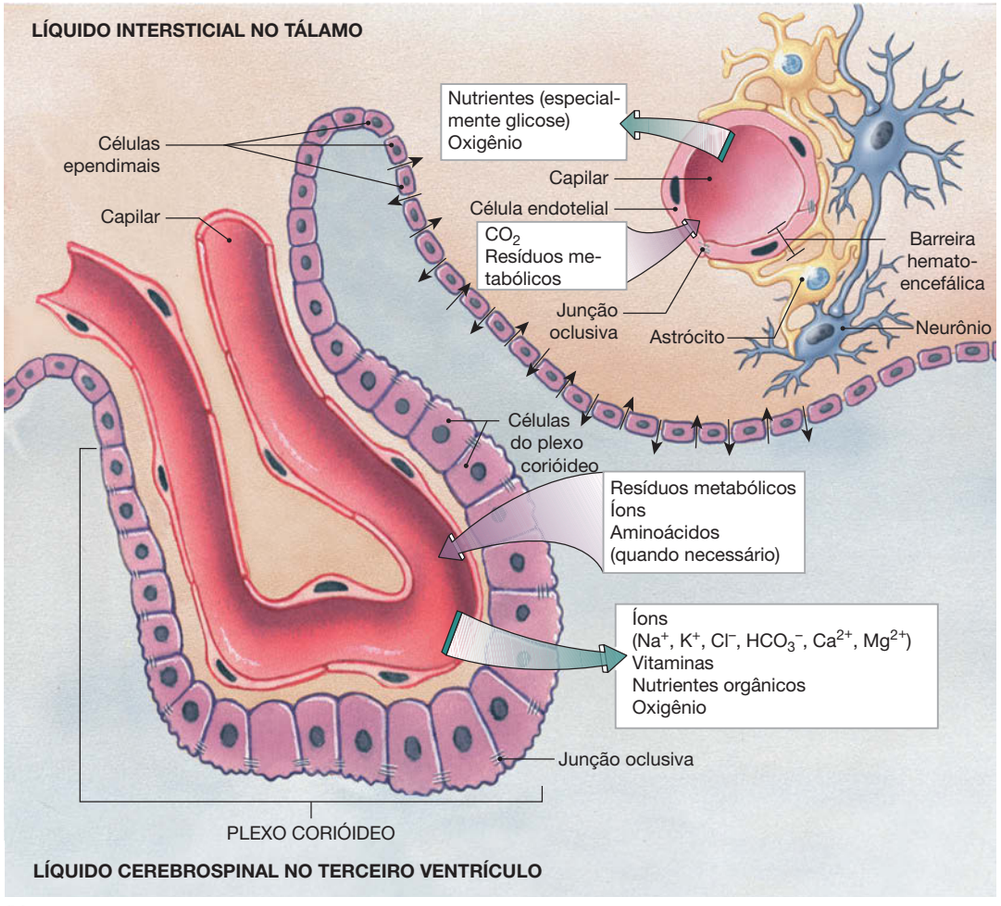
O plexo corióideo produz aproximadamente 500 mL/dia de líquido cerebrospinal. O volume total do líquido cerebrospinal em um determinado instante é cerca de 150 mL. Isso significa que o volume total de líquido cerebrospinal é substituído, grosso modo, a cada oito horas. A despeito desta rápida renovação, a composição do líquido cerebrospinal é rigorosamente regulada, e a taxa de reabsorção normalmente acompanha a taxa de produção.

O líquido cerebrospinal produzido nos ventrículos laterais flui para o terceiro ventrículo através do *forame interventricular*. A partir daquele, o líquido cerebrospinal flui para o *aqueduto do mesencéfalo*. A maior parte do líquido cerebrospinal que atinge o quarto ventrículo penetra no espaço subaracnóideo, passando através de duas **aberturas laterais do quarto ventrículo***, e de uma **abertura mediana do quarto ventrículo****, situ-

* N. de R.T. Forames de Luschka.
** N. de R.T. Forame de Magendie.



(a) Plexo corióideo



(b)

Figura 15.5 O plexo corióideo e a barreira hemato-encefálica.
(a) Localização do plexo corióideo em cada um dos quatro ventrículos encefálicos. **(b)** Estrutura e função do plexo corióideo. As células ependimais são como uma barreira seletiva, que transporta ativamente nutrientes, vitaminas e íons para o líquido cerebrospinal. Quando necessário, essas células, também ativamente, removem íons ou compostos do líquido cerebrospinal a fim de estabilizar sua composição.

adas no teto membranoso. (Uma quantidade relativamente pequena de líquido cerebrospinal circula entre o quarto ventrículo e o canal central da medula espinal.) O líquido cerebrospinal flui continuamente no espaço subaracnóideo que circunda o encéfalo, e movimentos da coluna vertebral deslocam-no ao redor da medula espinal e da cauda eqüina (Figura 14.4a). pág. 366 O líquido cerebrospinal finalmente retorna à circulação sangüínea geral através das **granulações aracnóideas** (Figuras 15.4b e 15.6). Se a circulação normal do líquido cerebrospinal for obstruída, uma diversidade de problemas clínicos pode surgir.

O suprimento sangüíneo do encéfalo [Figuras 22.13/22.22]

Os neurônios demandam uma grande quantidade de energia, embora não possuam reservas energéticas sob a forma de carboidratos ou lipídeos. Além disso, eles não possuem mioglobina e, assim, não têm meios de armazenar reservas de oxigênio. Portanto, sua demanda energética deve ser fornecida por um amplo suprimento vascular. O sangue arterial alcança o encéfalo por meio das *artérias carótidas internas* e *artérias vertebrais*. A maior parte do sangue venoso do encéfalo é drenada do crânio para as *veias jugulares internas*, que recebem os seios da dura-máter. As artérias que levam sangue ao encéfalo, assim como as veias que o drenam, serão discutidas no Capítulo 22. Um TCE que lese os vasos sangüíneos cerebrais pode causar sangramento na dura-máter, tanto próximo ao epitélio dural quanto entre a camada externa da dura-máter e os ossos do crânio. Estas patologias são sérias porque o sangue, ao penetrar nestes espaços, comprime e deforma os tecidos relativamente moles do encéfalo.

Doenças vasculares cerebrais são distúrbios circulatórios que interferem com o suprimento normal de sangue para o encéfalo. A distribuição particular dos vasos afetados determina os sintomas, enquanto o grau de depleção de oxigênio ou nutrientes determina a severidade. Um **acidente vascular encefálico** (AVE), ou *derrame*, ocorre quando o suprimento de sangue para certa parte do encéfalo é interrompido. Os neurônios afetados começam a morrer em poucos minutos.

REVISÃO DOS CONCEITOS

1. Identifique as quatro extensões da camada interna da dura-máter para a cavidade do crânio que proporcionam estabilidade e sustentação ao encéfalo.
2. Discuta a estrutura e a função da pia-máter.
3. Qual é a função da barreira hemato-encefálica?
4. Qual é a função do líquido cerebrospinal? Onde ele é formado?

Veja a seção de Respostas na parte final do livro.

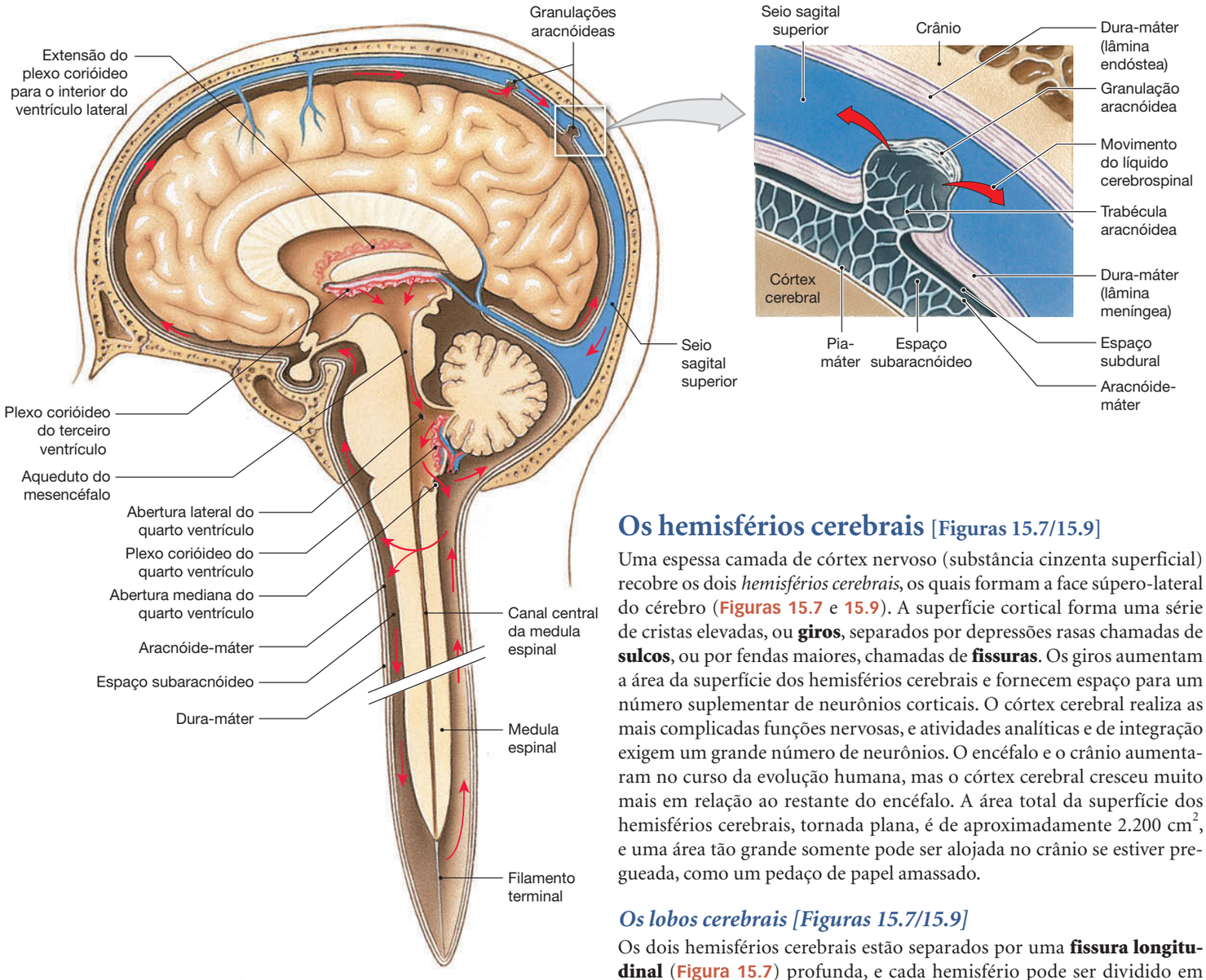


Figura 15.6 Circulação do líquido cerebrospinal.
Secção sagital indicando os locais de formação e o trajeto da circulação do líquido cerebrospinal.

O cérebro [Figuras 15.1/15.7/15.9]

O cérebro é a maior região do encéfalo, consistindo em dois *hemisférios cerebrais*, que repousam sobre o diencéfalo e o tronco encefálico. O processamento consciente do pensamento e todas as funções intelectuais se originam nos hemisférios cerebrais. A maior parte do cérebro está envolvida no processamento de informação sensitiva e motora somática. A informação sensitiva somática retransmitida para o cérebro atinge nossa percepção consciente, e os neurônios cerebrais exercem controle direto (voluntário) e indireto (involuntário) sobre os neurônios motores somáticos. A maior parte do processamento sensitivo visceral e do controle motor visceral (autonômico) ocorre em outros centros do encéfalo, geralmente sem que disso tenhamos percepção consciente. As Figuras 15.1, pág. 388, 15.7 e 15.9 mostram uma perspectiva suplementar do cérebro e de suas relações com outras regiões do encéfalo.

Os hemisférios cerebrais [Figuras 15.7/15.9]

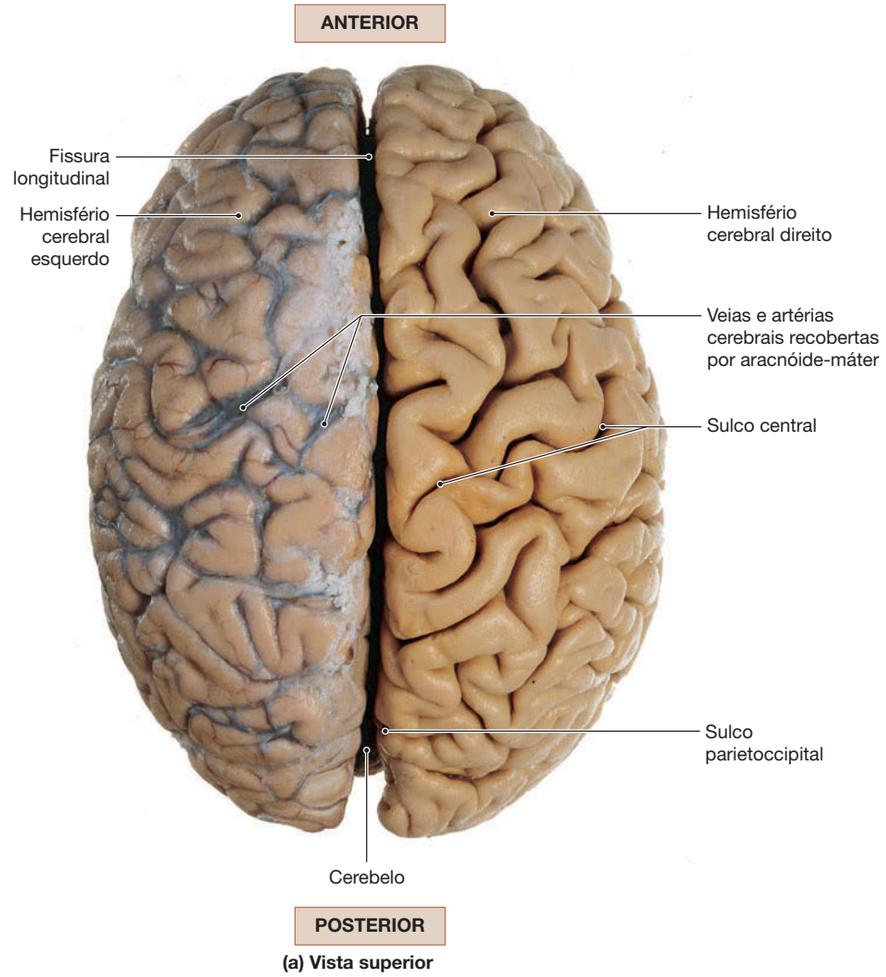
Uma espessa camada de córtex nervoso (substância cinzenta superficial) recobre os dois *hemisférios cerebrais*, os quais formam a face súpero-lateral do cérebro (Figuras 15.7 e 15.9). A superfície cortical forma uma série de cristas elevadas, ou **giros**, separados por depressões rasas chamadas de **sulcos**, ou por fendas maiores, chamadas de **fissuras**. Os giros aumentam a área da superfície dos hemisférios cerebrais e fornecem espaço para um número suplementar de neurônios corticais. O córtex cerebral realiza as mais complicadas funções nervosas, e atividades analíticas e de integração exigem um grande número de neurônios. O encéfalo e o crânio aumentaram no curso da evolução humana, mas o córtex cerebral cresceu muito mais em relação ao restante do encéfalo. A área total da superfície dos hemisférios cerebrais, tornada plana, é de aproximadamente 2.200 cm^2, e uma área tão grande somente pode ser alojada no crânio se estiver pregueada, como um pedaço de papel amassado.

Os lobos cerebrais [Figuras 15.7/15.9]

Os dois hemisférios cerebrais estão separados por uma **fissura longitudinal** (Figura 15.7) profunda, e cada hemisfério pode ser dividido em **lobos**, nomeados de acordo com os ossos do crânio a eles sobrejacentes (Figura 15.9a). Há variações no aspecto dos sulcos e giros do encéfalo para cada indivíduo, mas os limites entre os lobos são pontos de referência constantes. Uma fenda profunda, o **sulco central**, se estende lateralmente a partir da fissura longitudinal. A área anterior ao sulco central é o **lobo frontal**, e o **sulco lateral** marca seu limite inferior. A região inferior ao sulco lateral é o **lobo temporal**. Afastando esse lobo lateralmente (Figura 15.9b), expõe-se o **lobo insular**, uma "ilha" de córtex que fica, diferentemente, oculta. O **lobo parietal** se estende posteriormente do sulco central ao **sulco parietoccipital**. A região posterior ao sulco parietoccipital é o **lobo occipital**.

Cada lobo contém áreas funcionais cujos limites são menos precisos. Algumas dessas áreas funcionais processam informação sensitiva, enquanto outras são responsáveis por comandos motores. Três pontos sobre os lobos cerebrais devem ser lembrados:

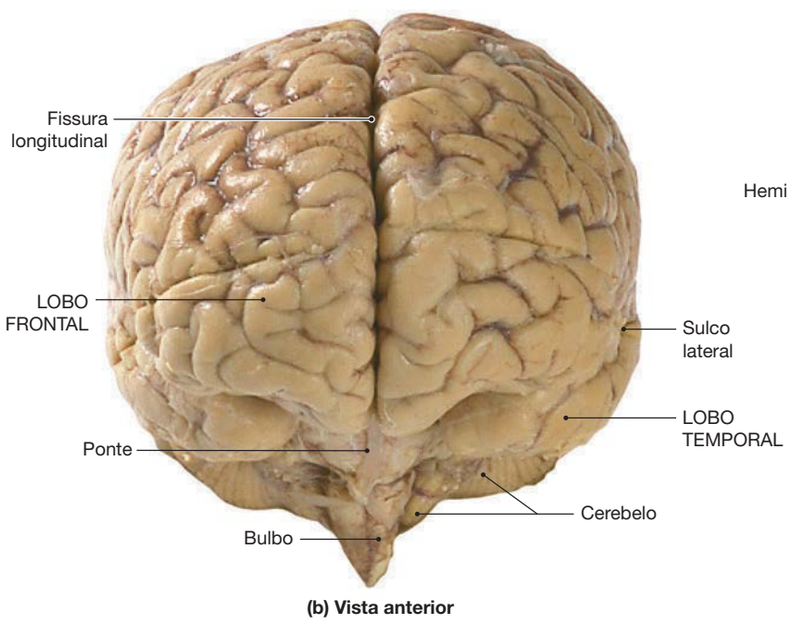
1. *Cada hemisfério cerebral recebe informação sensitiva do e origina comandos motores para o lado oposto do corpo.* O hemisfério esquerdo controla o lado direito, e o hemisfério direito controla o lado esquerdo. Este cruzamento não tem significado funcional.



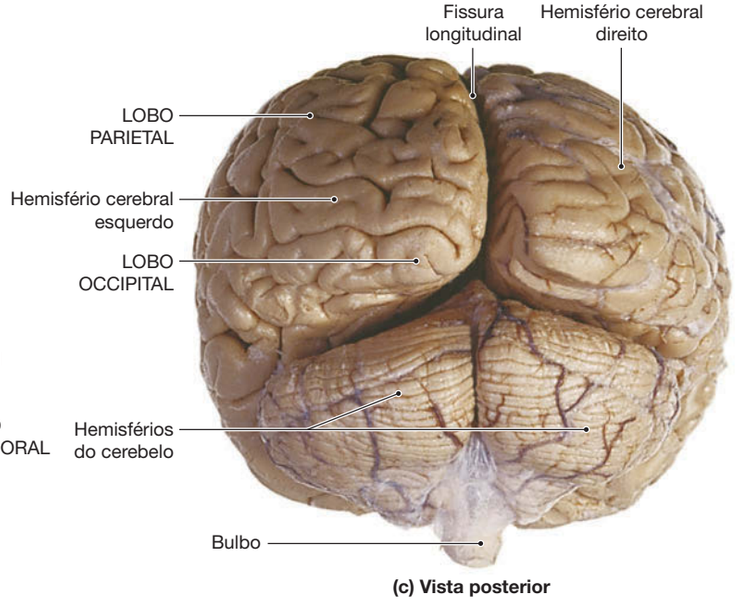
(a) Vista superior

TABELA 15.2 O córtex cerebral

Região (lobo)	Funções
LOBO FRONTAL **Córtex motor primário**	Controle consciente dos músculos esqueléticos
LOBO PARIETAL **Córtex sensitivo primário**	Percepção consciente de tato, pressão, vibração, dor, temperatura e sabor
LOBO OCCIPITAL **Córtex visual**	Percepção consciente de estímulos visuais
LOBO TEMPORAL **Córtex auditivo e olfatório**	Percepção consciente de estímulos auditivos e olfatórios
TODOS OS LOBOS **Áreas de associação**	Integração e processamento de informação sensitiva; processamento e iniciação de atividades motoras



(b) Vista anterior



(c) Vista posterior

Figura 15.7 Os hemisférios cerebrais, parte I.

Os hemisférios cerebrais constituem a maior parte do encéfalo adulto. **(a)** Vista superior. **(b)** Vista anterior. **(c)** Vista posterior. Observe o pequeno tamanho relativo dos hemisférios do cerebelo.

Nota clínica

Hidrocefalia O encéfalo adulto é envolvido pelos ossos rígidos do crânio. A cavidade do crânio contém dois líquidos – sangue e líquido cerebrospinal – e os tecidos relativamente moles do encéfalo. Por causa da impossibilidade de se modificar o volume total do crânio, quando o volume de sangue ou de líquido cerebrospinal aumenta, o volume do encéfalo deve diminuir. Na hemorragia epidural ou subdural, o volume de líquido cerebrospinal aumenta à medida que o sangue é coletado dentro da cavidade do crânio. A crescente pressão intracraniana comprime o encéfalo, levando a distúrbios nervosos que freqüentemente terminam em coma e morte.

Qualquer alteração na taxa de produção do líquido cerebrospinal é normalmente compensada por um aumento na taxa de reabsorção nas granulações aracnóideas. Se este equilíbrio for desfeito, surgem problemas clínicos conforme a pressão intracraniana se altera. O volume de líquido cerebrospinal aumentará se a taxa de formação aumentar ou se a taxa de reabsorção diminuir. Em qualquer destas circunstâncias, o aumento do volume de líquido cerebrospinal causa compressão e deformação do encéfalo. Taxas aumentadas de formação do líquido cerebrospinal podem advir de TCEs, mas os problemas mais comuns se originam de massas, como tumores e abscessos, ou de anomalias congênitas. Estas patologias têm o mesmo efeito: restringem a circulação normal e a reabsorção do líquido cerebrospinal. Por causa da contínua produção de líquido cerebrospinal, os ventrículos gradualmente se dilatam, deformando os tecidos nervosos adjacentes e causando deterioração da função encefálica.

As crianças são especialmente sensíveis às alterações da pressão intracraniana, porque as granulações aracnóideas não aparecem até aproximadamente os 3 anos de idade. (Neste ínterim, o líquido cerebrospinal é reabsorvido por pequenos vasos localizados no interior do espaço subaracnóideo e pelo epêndima subjacente.) Assim como no adulto, se a pressão intracraniana se tornar anormalmente elevada, os ventrículos se dilatam. Porém, nas crianças, as suturas ainda não se fundiram e o crânio pode aumentar para acomodar o volume extra de líquido cerebrospinal. Este aumento resulta em um crânio enormemente dilatado, uma patologia chamada de **hidrocefalia**, ou "água na cabeça" ou ainda "cabeça d'água". A hidrocefalia na infância (Figura 15.8) freqüentemente resulta de alguma interferência na circulação normal do líquido cerebrospinal, como um bloqueio do aqueduto do mesencéfalo ou uma constrição na comunicação entre os espaços subaracnóideos das meninges encefálicas e espinais. As crianças não tratadas com freqüência sofrem algum grau de retardo mental. O tratamento bem-sucedido geralmente envolve a instalação de um dreno (derivação ou "shunt"), uma sonda que ultrapassa o local do bloqueio ou drena o excesso de líquido cerebrospinal. Em qualquer caso, o objetivo é a redução da pressão intracraniana. O dreno pode ser removido caso (1) o crescimento ulterior do encéfalo elimine o bloqueio ou (2) a pressão intracraniana diminua, em conseqüência do desenvolvimento das granulações aracnóideas aos 3 anos de idade.

Figura 15.8 Hidrocefalia.
Esta criança tem uma hidrocefalia severa, uma patologia geralmente causada por alteração da circulação ou reabsorção do líquido cerebrospinal. O represamento de líquido cerebrospinal leva à deformação do encéfalo e à dilatação do crânio.

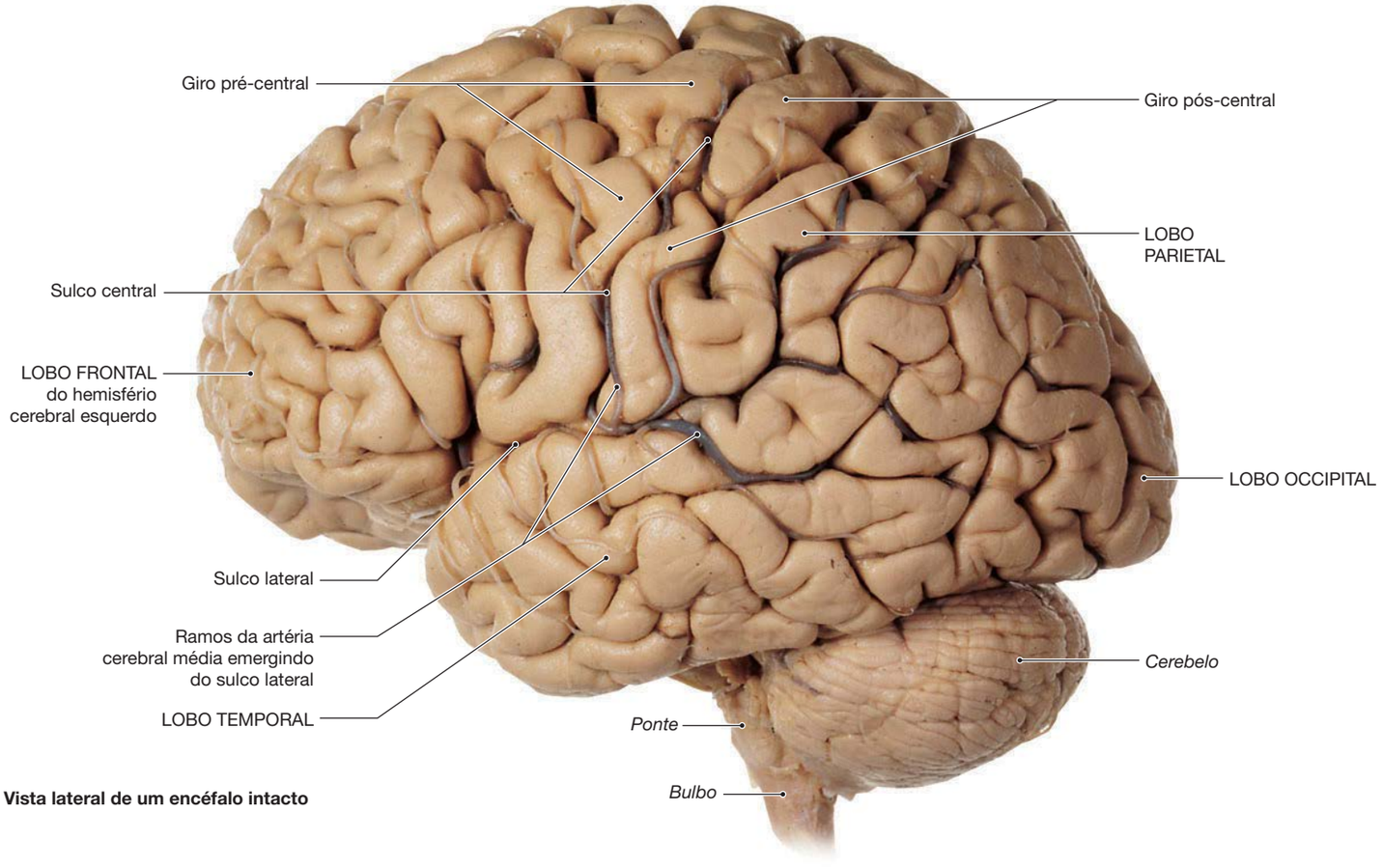
2. *Os dois hemisférios cerebrais têm algumas diferenças funcionais, embora anatomicamente eles aparentem ser idênticos.* Essas diferenças afetam primariamente funções superiores, um tema que será discutido no Capítulo 16.
3. *A atribuição de uma função específica a uma determinada área do córtex cerebral é imprecisa.* Por causa dos limites maldefinidos, com considerável superposição, qualquer área pode exercer várias funções diferentes. Alguns aspectos da função cortical, como a consciência, não podem ser facilmente atribuídos a uma única área.

Nosso conhecimento das funções encefálicas ainda é incompleto, e nem toda estrutura anatômica possui uma função conhecida. No entanto, com base em estudos sobre a atividade metabólica e o fluxo sangüíneo, é evidente que todas as partes do encéfalo são utilizadas no indivíduo normal.

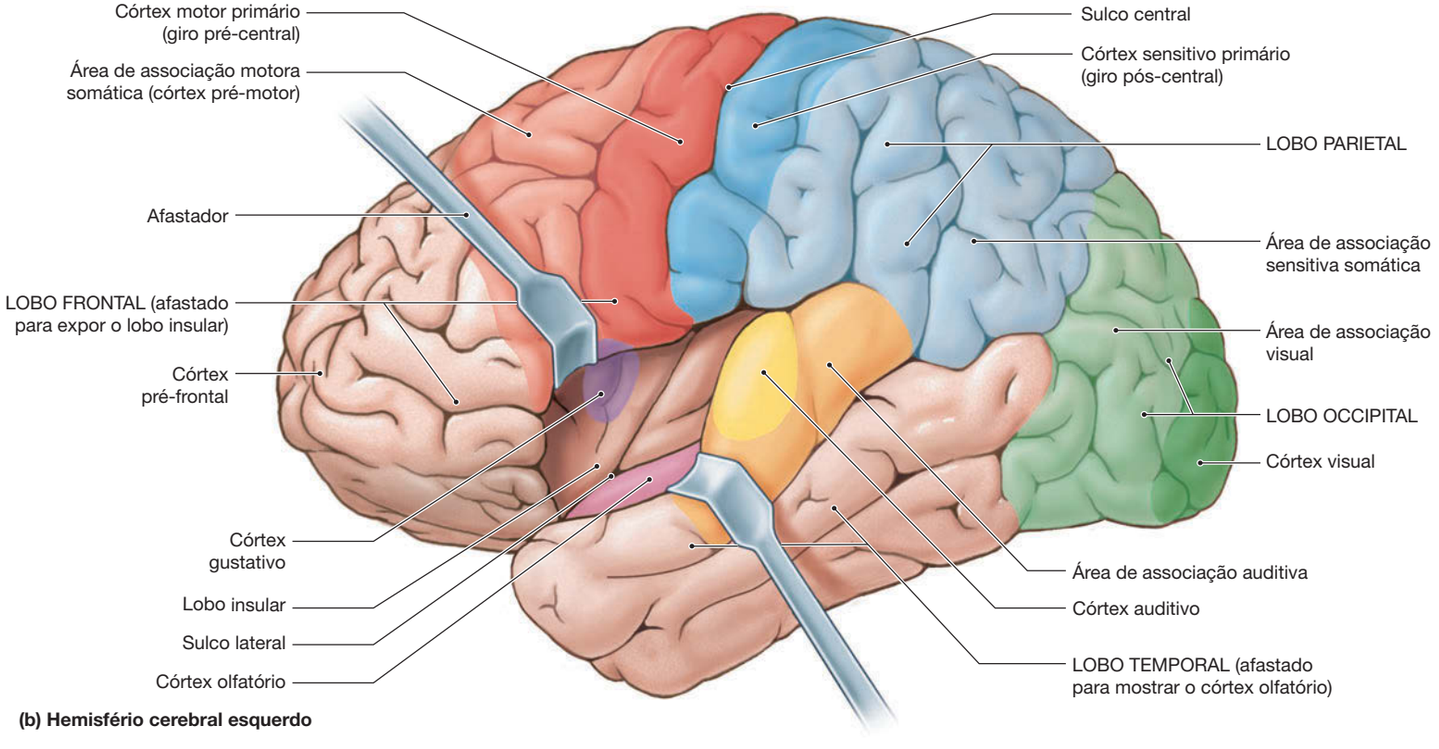
Áreas sensitivas e motoras do córtex cerebral [Figura 15.9b e Tabela 15.2]

O processamento consciente do pensamento e todas as funções intelectuais se originam nos hemisférios cerebrais. Entretanto, a maior parte do cérebro está envolvida no processamento de informação sensitiva e motora somática. As principais áreas sensitivas e motoras do córtex cerebral estão demonstradas na Figura 15.9b e na Tabela 15.2. O sulco central separa as partes sensitiva e motora do córtex. O **giro pré-central** do lobo frontal forma a margem anterior do sulco central. A superfície desse giro é o **córtex motor primário**. Os neurônios do córtex motor primário comandam os movimentos voluntários, controlando os neurônios motores somáticos no tronco encefálico e na medula espinal. Os neurônios do córtex motor primário são chamados de **células piramidais**, e a via que conduz o controle motor voluntário é conhecida como **via piramidal**, ou *sistema piramidal*, discutida adiante, no Capítulo 16.

O **giro pós-central** do lobo parietal forma a margem posterior do sulco central, e sua superfície contém o **córtex sensitivo primário**. Os neurônios desta área recebem informação sensitiva somática de receptores de tato, pressão, dor, sabor e temperatura. Nós percebemos conscientemente estas sensações porque a informação sensitiva é retransmitida para o córtex sensitivo primário. Ao mesmo tempo, vias neuronais colaterais distribuem a informação para os núcleos da base e outros centros. Como resultado, a informação sensitiva é controlada em níveis consciente e inconsciente.



(a) Vista lateral de um encéfalo intacto



(b) Hemisfério cerebral esquerdo

Figura 15.9 Os hemisférios cerebrais, parte II.

Lobos e áreas funcionais. **(a)** Vista lateral de um encéfalo intacto, após remoção da dura-máter e da aracnóide-máter, mostrando a anatomia da superfície do hemisfério cerebral esquerdo. **(b)** Principais pontos de referência anatômicos na superfície do hemisfério cerebral esquerdo. As áreas de associação estão em cores. Para expor o lobo insular, o sulco lateral foi afastado e aberto.

A informação sensitiva relativa às sensações de visão, som e odor chegam a outras partes do córtex cerebral. O **córtex visual** do lobo occipital recebe a informação visual, e os **córtex auditivo** e **olfatório** do lobo temporal recebem as informações relacionadas, respectivamente, com a audição e o olfato. O **córtex gustativo** se localiza na parte anterior do lobo insular e partes adjacentes do lobo frontal. Esta área recebe informação de receptores gustativos da língua e da faringe. As áreas do córtex cerebral envolvidas com as informações sensitivas especiais são mostradas na Figura 15.9b.

Áreas de associação [Figura 15.9b]

Cada uma das áreas sensitiva e motora do córtex está conectada a uma **área de associação** próxima (Figura 15.9b). O termo área de associação é usado para aquelas áreas do cérebro envolvidas com a integração de informação sensitiva ou motora. Essas áreas não recebem a informação sensitiva diretamente, nem originam comandos motores. Em vez disso, elas interpretam a aferência sensitiva vinda de outros locais do córtex cerebral e planejam, preparam e ajudam a coordenar a eferência motora. Por exemplo, a **área de associação sensitiva somática** permite a você compreender o tamanho, a forma e a textura de um objeto, e a **área de associação motora somática**, ou *córtex pré-motor*, usa a memória de padrões motores aprendidos para coordenar as atividades motoras.

As diferenças funcionais entre as áreas de associação sensitiva e motora ficam bem evidentes após uma lesão cerebral focal. Por exemplo, um indivíduo com uma **área de associação visual** lesada pode ver letras perfeitamente bem, mas é incapaz de reconhecê-las ou interpretá-las. Esta pessoa irá perscrutar linhas de uma página impressa e ver colunas de símbolos nítidos que não têm significado algum. Alguém com lesão na área do córtex pré-motor, relacionado à coordenação de movimentos oculares, pode entender as letras e palavras escritas, mas é incapaz de ler, porque seus olhos não podem seguir as linhas de uma página impressa.

Centros de integração [Figura 15.9b]

Os centros de integração recebem e processam informação de diversas áreas de associação diferentes. Essas áreas comandam atividades motoras extremamente complexas e realizam funções analíticas complicadas. Por exemplo, o **córtex pré-frontal** do lobo frontal (Figura 15.9b) integra a informação de áreas de associação sensitivas e realiza funções intelectuais abstratas, como prever as conseqüências de possíveis respostas.

Estes lobos e áreas corticais são encontrados em ambos os hemisférios cerebrais. Centros de integração superiores, relacionados a processos complexos como linguagem, escrita, cálculo matemático e compreensão de relações espaciais, estão restritos ao hemisfério cerebral esquerdo ou direito. Esses centros e suas funções serão descritos no Capítulo 16.

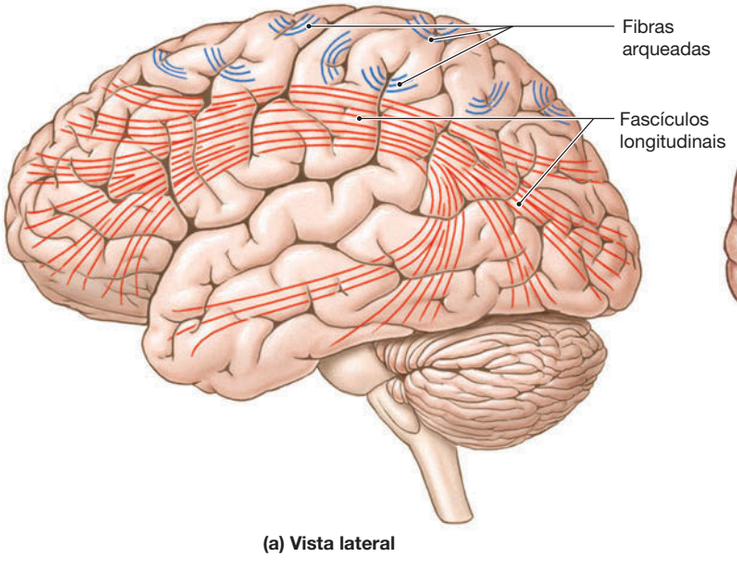
A substância branca central

[Figura 15.10 e Tabela 15.3]

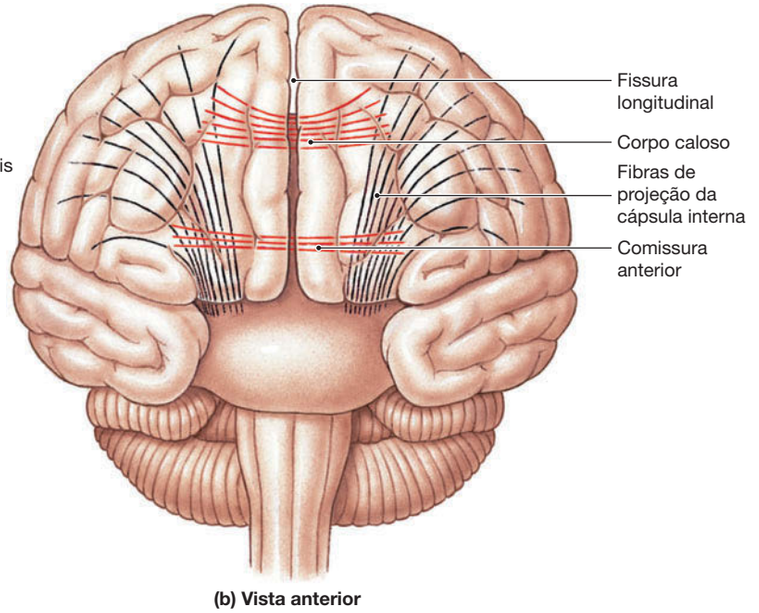
A **substância branca central** é recoberta pela substância cinzenta do córtex cerebral (Figura 15.10). Ela contém fibras mielínicas que formam feixes que se estendem de uma área cortical para outra ou que conectam áreas do córtex a outras regiões do encéfalo. Esses feixes incluem (1) *fibras de associação*, tratos que interconectam áreas diferentes de córtex nervoso, situadas no mesmo hemisfério cerebral; (2) *fibras comissurais*, tratos que conectam os dois hemisférios cerebrais; e (3) *fibras de projeção*, tratos que

TABELA 15.3 Substância branca do cérebro

Fibras/tratos	Funções
Fibras de associação	Interconectam áreas corticais situadas no mesmo hemisfério
Fibras arqueadas	Interconectam giros situados em um lobo
Fascículos longitudinais	Interconectam o lobo frontal com outros lobos cerebrais
Fibras comissurais (comissura anterior e corpo caloso)	Interconectam lobos correspondentes de hemisférios diferentes
Fibras de projeção	Conectam o córtex cerebral ao diencéfalo, tronco encefálico, cerebelo e medula espinal



(a) Vista lateral



(b) Vista anterior

Figura 15.10 A substância branca central.
São mostrados os principais grupos de fibras e tratos da substância branca central. **(a)** Vista lateral do encéfalo, mostrando as fibras arqueadas e os fascículos longitudinais. **(b)** Vista anterior do encéfalo, mostrando a orientação das fibras comissurais e de projeção.

unem o cérebro com outras regiões do encéfalo e com a medula espinal. Os nomes e funções dessas fibras/tratos estão resumidos na Tabela 15.3.

As **fibras de associação** interconectam áreas diferentes de córtex cerebral situadas no mesmo hemisfério. As fibras de associação mais curtas são chamadas de **fibras arqueadas**, porque se curvam em arco para passar de um giro para outro. As fibras de associação mais longas estão organizadas em feixes distintos. Os **fascículos longitudinais** conectam o lobo frontal aos outros lobos do mesmo hemisfério cerebral.

Uma densa faixa de **fibras comissurais** (*commissura*, cruzamento) permite a comunicação entre os dois hemisférios cerebrais. Dentre os principais feixes comissurais que unem os hemisférios cerebrais, incluem-se o **corpo caloso** e a **comissura anterior**.

As **fibras de projeção** unem o córtex cerebral ao diencéfalo, tronco encefálico, cerebelo e medula espinal. Todas as fibras ascendentes e descendentes devem passar pelo diencéfalo no seu trajeto para ou das áreas sensitivas, motoras ou de associação do córtex cerebral. Em dissecações macroscópicas, as fibras aferentes e eferentes são idênticas, e o conjunto dessas fibras é conhecido como **cápsula interna**.

Os núcleos da base [Figura 15.11 e Tabela 15.4]

Os **núcleos da base** são massas pares de substância cinzenta no interior dos hemisférios cerebrais[2]. Esses núcleos se localizam dentro de cada hemisfério cerebral, inferiormente ao soalho do ventrículo lateral (Figura 15.11). Eles estão encravados na substância branca central, e as fibras comissurais e de projeção irradiadas transitam ao redor ou entre esses núcleos.

O **núcleo caudado** tem uma cabeça maciça e uma cauda curva e estreita que segue a curvatura do ventrículo lateral. Na extremidade da cauda há um núcleo separado, o **corpo amigdalóide*** (*amygdale*, amêndoa). Três massas de substância cinzenta se localizam entre a superfície saliente do lobo insular e a parede lateral do diencéfalo. Elas são o **claustro***, o **putame** e o **globo pálido**.

Muitos termos suplementares são utilizados para designar as subdivisões anatômicas ou funcionais específicas dos núcleos da base. O putame e o globo pálido são freqüentemente considerados como subdivisões de uma estrutura maior, o **núcleo lentiforme** (em forma de lente), porque, quando expostos em dissecações macroscópicas, eles formam uma massa arredonda mais ou menos compacta (Figura 15.11b,c,d). O termo *corpo estriado* é algumas vezes usado para se referir aos núcleos caudado *e* lentiforme ou ao núcleo caudado *e* putame. A tabela 15.4 resume estas relações e as funções dos núcleos da base.

Funções dos núcleos da base

Os núcleos da base estão envolvidos com (1) o controle subconsciente e a integração do tono dos músculos esqueléticos; (2) a coordenação de padrões motores aprendidos; e (3) o processamento, a integração e a retransmissão de informação do córtex cerebral ao tálamo. Sob condições normais, esses núcleos não iniciam movimentos individuais. Mas, uma vez que o movimento esteja em andamento, os núcleos da base regulam seu padrão e ritmo genéricos, especialmente para movimentos do tronco e dos músculos proximais dos membros. (Este sistema será discutido adiante, no Capítulo 16.) Algumas funções atribuídas especificamente a cada núcleo da base são mostradas a seguir.

Núcleo caudado e putame Quando uma pessoa está caminhando, o núcleo caudado e o putame controlam as fases cíclicas dos movimentos dos membros superiores e inferiores que ocorrem entre o momento em que a decisão "começar a andar" é feita e o momento em que a ordem "parar de andar" é dada.

TABELA 15.4 Os núcleos da base

Núcleos	Funções
Corpo amigdalóide	Componente do sistema límbico
Claustro	Desempenha papel no processamento subconsciente de informação visual
Núcleo caudado **Núcleo lentiforme** **(putame e globo pálido)**	Regulação subconsciente e mudança de comandos motores voluntários

Claustro e corpo amigdalóide O claustro parece estar envolvido no processamento de informação visual em nível subconsciente. Evidências sugerem que ele age na focalização da atenção em padrões específicos ou características relevantes. O corpo amigdalóide é um importante componente do *sistema límbico* e será discutido na próxima seção. As funções dos outros núcleos da base são pouco compreendidas.

Globo pálido O globo pálido controla e regula o tono muscular, particularmente dos músculos apendiculares, a fim de colocar o corpo em posição de se preparar para realizar um movimento voluntário. Por exemplo, quando você decide pegar um objeto, o globo pálido posiciona o ombro e estabiliza o braço enquanto você conscientemente alcança e segura o objeto com o antebraço, o punho e a mão.

O sistema límbico [Figuras 15.11/15.12/15.15 e Tabela 15.5]

O **sistema límbico** (*limbus*, limite) compreende núcleos e tratos situados ao longo do limite entre o cérebro e o diencéfalo. As funções do sistema límbico incluem (1) a instituição de estados emocionais e impulsos comportamentais a eles relacionados; (2) a ligação das funções intelectuais, conscientes, do córtex cerebral com as funções inconscientes e autonômicas de outras partes do encéfalo; e (3) a facilitação de armazenamento e recuperação da memória. Esse sistema é um grupo mais funcional de estruturas do que anatômico, e nele estão incluídos componentes do cérebro, diencéfalo e mesencéfalo (Tabela 15.5).

O corpo amigdalóide (Figuras 15.11a,d e 15.12) parece atuar como um centro de integração entre o sistema límbico, o cérebro e vários sistemas sensitivos. O **lobo límbico** do hemisfério cerebral consiste em giros e estruturas mais profundas, adjacentes ao diencéfalo. O **giro do cíngulo** (*cingulum*, cinto) se situa superiormente ao corpo caloso. O **giro dentado** e o próximo **giro para-hipocampal** encobrem um núcleo subjacente, o **hipocampo**, que se localiza profundamente no lobo temporal (ver Figuras 15.11b e 15.12a,b). Os antigos anatomistas achavam este núcleo parecido com um cavalo-marinho (*hippocampus*); ele desempenha um papel essencial na aprendizagem e no armazenamento da memória remota (de longo prazo).

O **fórnice** (*fornix*, arco) (Figura 15.15) é um trato de substância branca que conecta o hipocampo ao hipotálamo. A partir do hipocampo, o fórnice se curva medial e superiormente, abaixo do corpo caloso, e então forma um arco com curvatura anterior que termina no hipotálamo. Muitas das fibras terminam nos **corpos mamilares** (*mammilla*, mama), núcleos salientes no soalho do hipotálamo. Os corpos mamilares contêm núcleos motores que controlam movimentos reflexos associados com a alimentação, como mastigar, lamber e deglutir.

[2] Também já foram chamados de núcleos cerebrais ou gânglios da base.

* N. de R.T. Na Terminologia Anatômica oficial, o corpo amigdalóide e o claustro não estão entre os núcleos da base, mas pertencem à parte basilar do telencéfalo, uma nova seção incluída na versão atual.

Figura 15.11 Os núcleos da base.
(a) Vista lateral, mostrando as posições relativas dos núcleos da base. **(b)** Visão esquemática de um encéfalo dissecado para mostrar a orientação das estruturas cerebrais e talâmicas. Compare a representação tridimensional vista em (a) com as secções transversal **(c)** e coronal **(d,e)** do encéfalo.

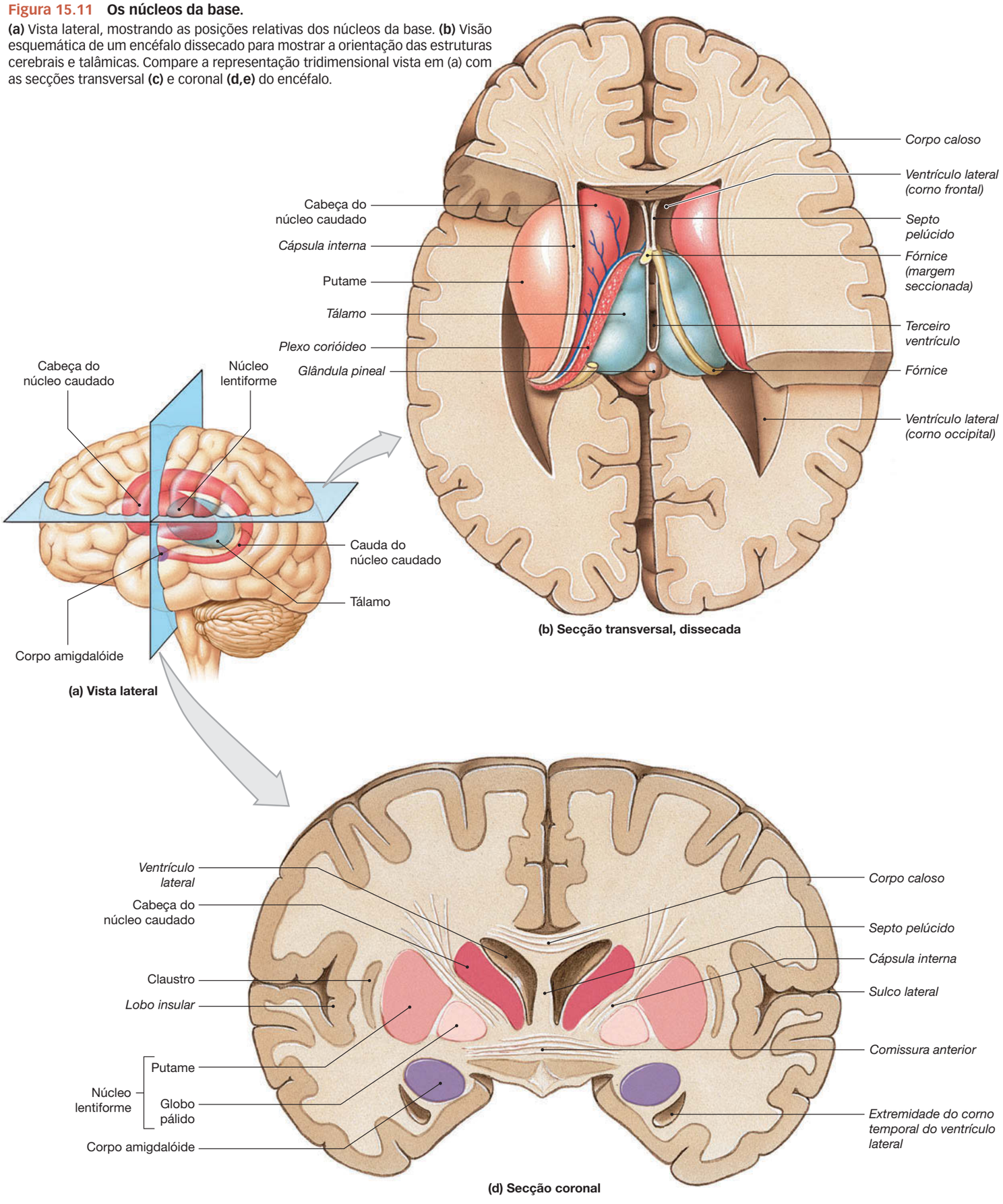
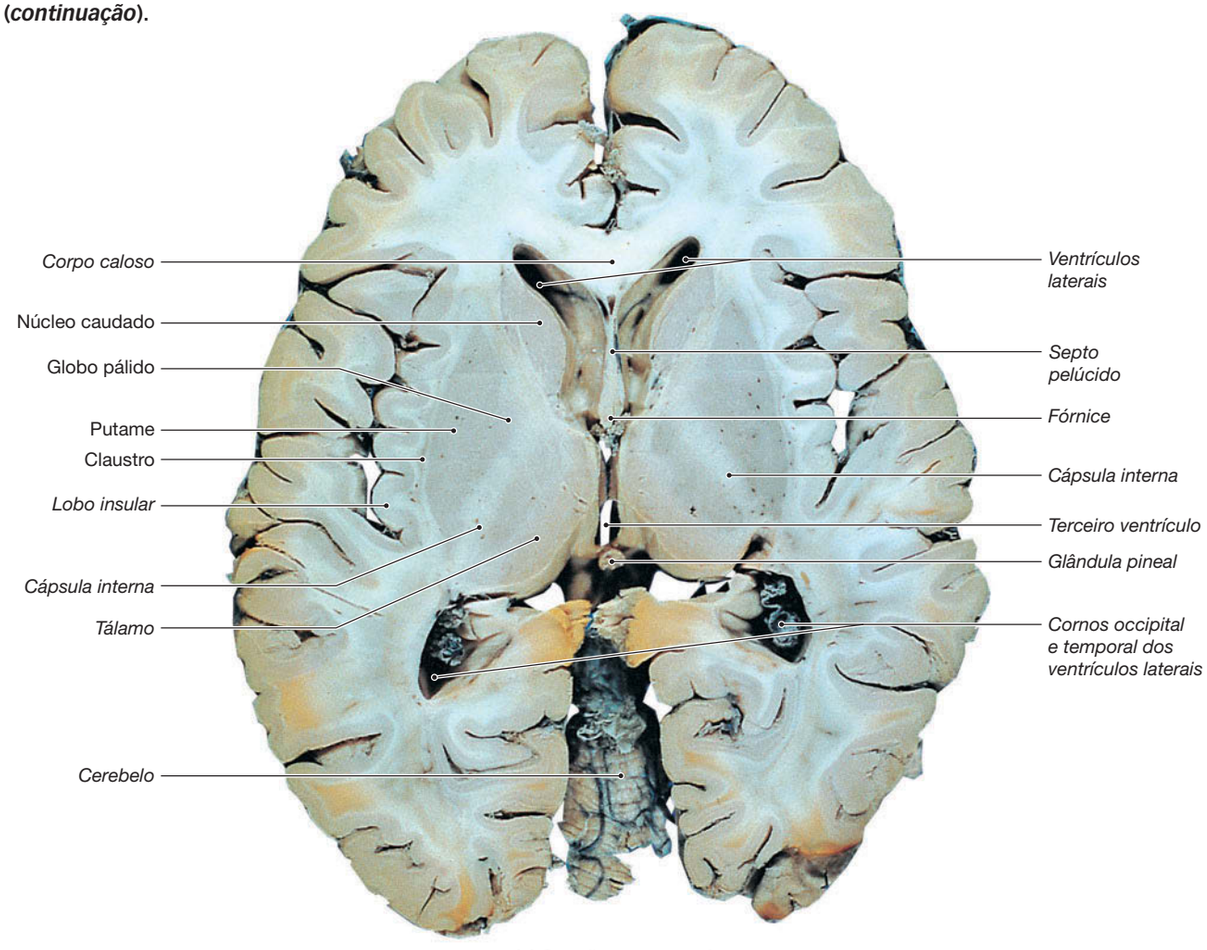
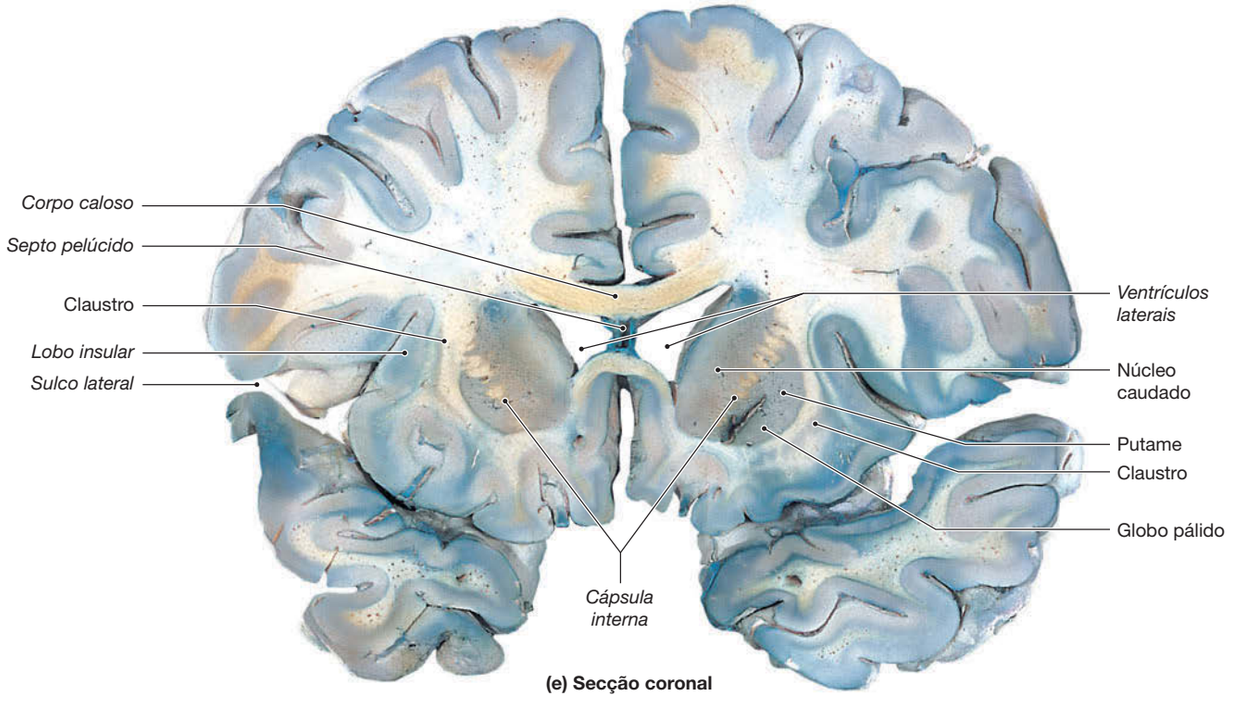


Figura 15.11 (*continuação*).



(c) Secção transversal



(e) Secção coronal

TABELA 15.5 O sistema límbico

FUNÇÕES	Processamento de memórias, criação de estados emocionais, comportamentos e impulsos associados
COMPONENTES CEREBRAIS	
Áreas corticais	Lobo límbico (giro do cíngulo, giro dentado e giro para-hipocampal)
Núcleos	Hipocampo, corpo amigdalóide
Tratos	Fórnice
COMPONENTES DIENCEFÁLICOS	
Tálamo	Núcleo anterior
Hipotálamo	Centros relacionados com emoções, apetites (sede, fome) e comportamentos associados (*Tabela 15.7*)
OUTROS COMPONENTES	
Formação reticular	Rede de núcleos interconectados por todo o tronco encefálico

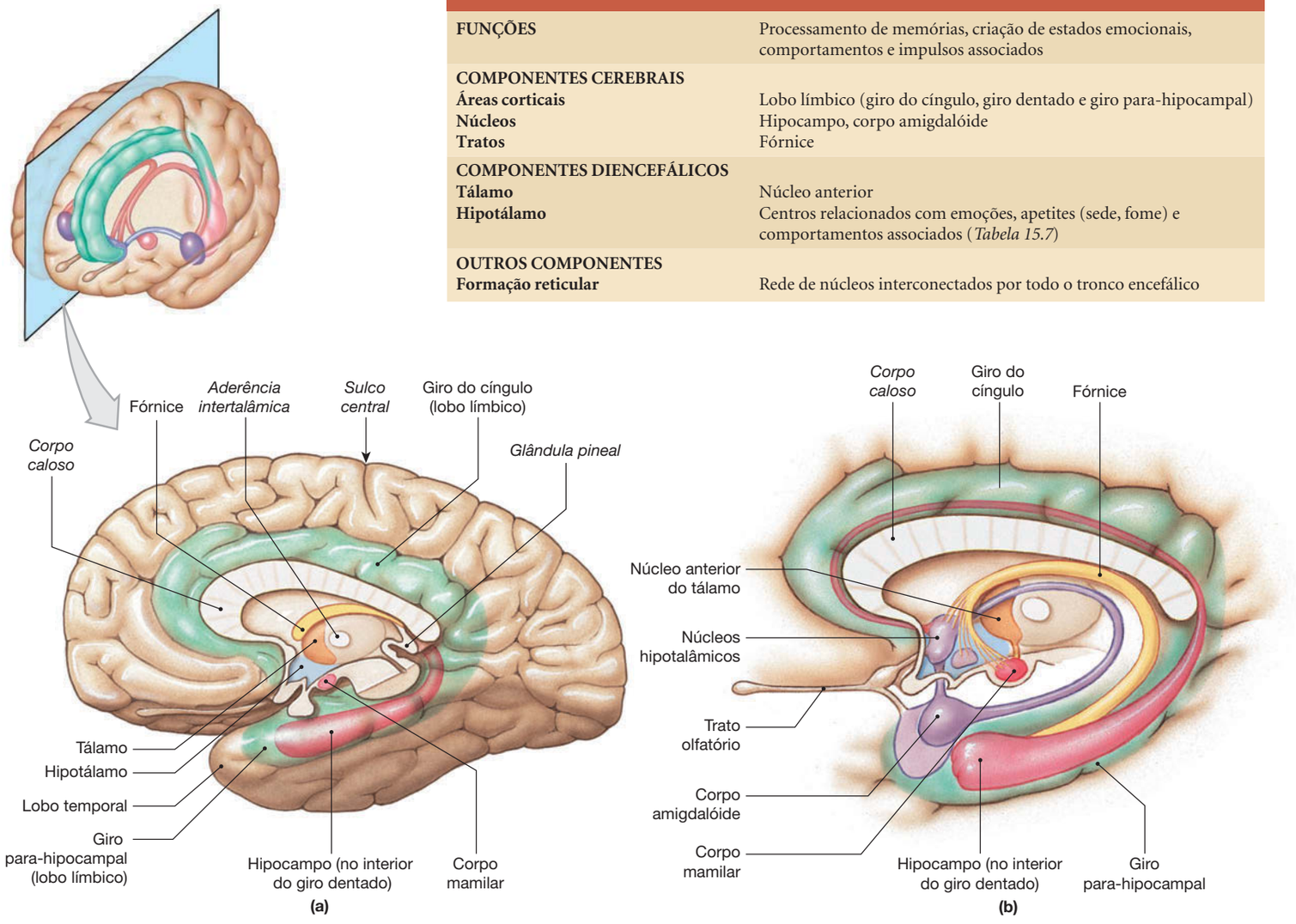


Figura 15.12 O sistema límbico.
(a) Secção sagital do cérebro, mostrando as áreas corticais associadas com o sistema límbico. Os giros dentado e para-hipocampal são mostrados em transparência, de maneira que os componentes límbicos mais profundos podem ser vistos.
(b) Detalhes adicionais com relação à estrutura tridimensional do sistema límbico.

Muitos outros núcleos na parede (tálamo) e no soalho (hipotálamo) do diencéfalo fazem parte do sistema límbico. Dentre outras funções, o **núcleo anterior** do tálamo retransmite as sensações viscerais do hipotálamo para o giro do cíngulo. A estimulação experimental do hipotálamo tem localizado muitos centros importantes, responsáveis por emoções de raiva, medo, dor, estímulo sexual e prazer.

A estimulação do hipotálamo também pode produzir excitação generalizada e um estado de alerta exacerbado. Esta resposta é causada pela disseminação do estímulo da **formação reticular**, uma rede interconectada de núcleos do tronco encefálico, cujos núcleos dominantes se localizam no interior do mesencéfalo. A estimulação de partes adjacentes do hipotálamo ou tálamo deprimem a atividade da formação reticular, resultando em letargia generalizada ou sono real.

REVISÃO DOS CONCEITOS

1. Cada um dos hemisférios cerebrais é subdividido em lobos. Identifique os lobos e suas funções gerais.
2. O que são giros e sulcos?
3. Cite e descreva os três principais grupos de axônios na substância branca central.

Veja a seção de Respostas na parte final do livro.

O diencéfalo

[Figuras 15.1/15.11b,c/15.12/15.15/15.16]

O diencéfalo conecta os hemisférios cerebrais ao tronco encefálico. Ele consiste em *epitálamo*, *tálamos* esquerdo e direito e *hipotálamo**. As Figuras 15.1, 15.11b,c, 15.12 e 15.15 mostram a posição do diencéfalo e suas relações com outros pontos de referência no encéfalo.

O epitálamo [Figura 15.15a]

O *epitálamo* constitui o teto do terceiro ventrículo (Figura 15.15a). Sua parte anterior, membranosa, contém uma extensa área de plexo corióideo que se projeta, através do forame interventricular, no interior dos ventrículos laterais. A parte posterior do epitálamo contém a **glândula pineal**, uma estrutura endócrina que secreta o hormônio **melatonina**. A melatonina está envolvida na regulação do ritmo circadiano (ciclo dia-noite), com possíveis efeitos secundários na função reprodutora. (O papel da melatonina será descrito no Capítulo 19.)

O tálamo [Figuras 15.11b/15.12/15.13/15.15]

A maior parte do tecido nervoso no diencéfalo está concentrada nos tálamos esquerdo e direito. Estes dois corpos ovais formam as paredes do diencéfalo e circundam o terceiro ventrículo (Figuras 15.11b e 15.15). Os núcleos do tálamo são centros de comutação e retransmissão de vias sensitivas e motoras. A informação sensitiva ascendente, vinda da medula espinal (exceto a proveniente dos tratos espinocerebelares) e dos nervos cranianos (exceto o nervo olfatório), é processada nos núcleos do tálamo antes que seja retransmitida para o cérebro ou tronco encefálico. O tálamo é, portanto, o ponto final da via de retransmissão da informação sensitiva ascendente que será projetada no córtex sensitivo primário. Ele atua como um filtro de informação, passando adiante apenas uma pequena parte da informação sensitiva que nele chega. O tálamo também atua como uma estação de retransmissão que coordena a atividade motora em níveis consciente e subconsciente.

Os dois tálamos estão separados pelo terceiro ventrículo. Visto em uma secção sagital mediana, o tálamo se estende da comissura anterior à base inferior da glândula pineal (Figura 15.15a). De cada tálamo, uma projeção tubular medial de substância cinzenta, a **aderência intertalâmica**, ou *massa intermédia*, se salienta no interior do terceiro ventrículo

* N. de R.T. A Terminologia Anatômica oficial registra atualmente cinco divisões do diencéfalo: tálamo, epitálamo, subtálamo, metatálamo e hipotálamo.

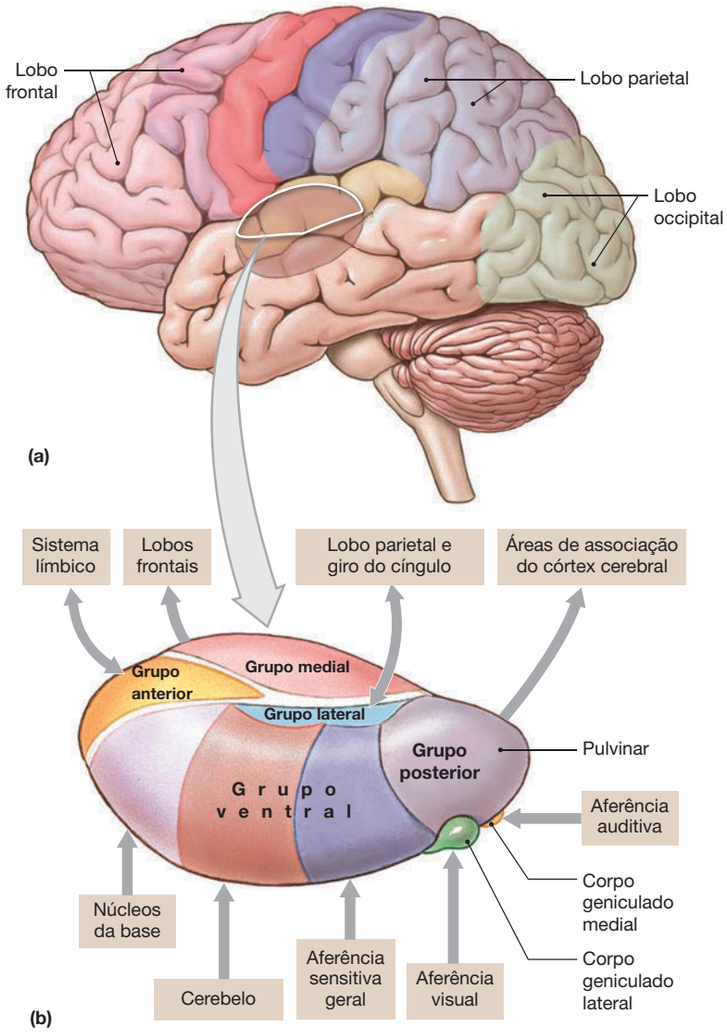


Figura 15.13 O tálamo.
(a) Vista lateral do encéfalo, mostrando as posições das principais estruturas talâmicas. Áreas funcionais do córtex cerebral também estão indicadas, com cores correspondentes àquelas dos núcleos do tálamo associados. **(b)** Vista aumentada dos núcleos do tálamo do lado esquerdo. A cor de cada núcleo ou grupo de núcleos acompanha a cor da área cortical associada. Os quadros fornecem exemplos de tipos de aferência sensitiva retransmitidos aos núcleos da base e córtex cerebral ou indicam a existência de importantes vias de retroalimentação (*feedback*) envolvidas com estados emocionais, aprendizagem e memória.

TABELA 15.6 O tálamo

Estrutura/núcleos	Funções
GRUPO ANTERIOR	Parte do sistema límbico
GRUPO MEDIAL	Integra informação sensitiva e outras informações que chegam ao tálamo e hipotálamo e as projeta para os lobos frontais dos hemisférios cerebrais
GRUPO VENTRAL	Projeta informação sensitiva ao córtex sensitivo primário do lobo parietal; retransmite informação do cerebelo e dos núcleos da base para as áreas motoras do córtex cerebral
GRUPO POSTERIOR	
Pulvinar	Integra informação sensitiva e a projeta para as áreas de associação do córtex cerebral
Corpo geniculado lateral	Projeta informação visual para o córtex visual do lobo occipital
Corpo geniculado medial	Projeta informação auditiva para o córtex auditivo do lobo temporal
GRUPO LATERAL	Forma vias de retroalimentação envolvendo o giro do cíngulo (estados emocionais) e o lobo parietal (integração de informação sensitiva)

(Figura 15.12a). Em cerca de 70% da população, as duas aderências intertalâmicas se fundem na linha mediana, interconectando os dois tálamos.

Cada tálamo se salienta lateralmente, afastando-se do terceiro ventrículo e, anteriormente, em direção ao cérebro (Figuras 15.11b,c, 15.12, 15.14 e 15.15b). A margem lateral de cada tálamo é determinada pelas fibras da cápsula interna. Encravada no interior de cada tálamo, há uma massa esferóide composta de vários *núcleos do tálamo* interconectados.

Funções dos núcleos do tálamo [Figura 15.13 e Tabela 15.6]

Os núcleos do tálamo estão primariamente relacionados à retransmissão da informação sensitiva para os núcleos da base e córtex cerebral. Os cinco principais grupos de núcleos do tálamo, indicados na Figura 15.13 e na Tabela 15.6, são (1) o *grupo anterior*, (2) o *grupo medial*, (3) o *grupo ventral*, (4) o *grupo posterior* e (5) o *grupo lateral*.

1. Os **núcleos anteriores** fazem parte do sistema límbico, desempenhando papel em emoções, memória e aprendizagem. Eles retransmitem informação do hipotálamo e hipocampo para o giro do cíngulo.
2. Os **núcleos mediais** fornecem uma percepção consciente de estados emocionais, conectando os núcleos da base e centros de emoção no hipotálamo com o córtex pré-frontal do cérebro. Esses núcleos também integram a informação sensitiva que chega a outras partes do tálamo para retransmiti-la aos lobos frontais.
3. Os **núcleos ventrais** retransmitem informação para e dos núcleos da base e córtex cerebral. Dois destes núcleos (*ventral anterior* e *ventral lateral*) retransmitem informação relacionada aos comandos motores somáticos, dos núcleos da base e cerebelo ao córtex motor primário e córtex pré-motor. Eles fazem parte de uma via de retroalimentação (*feedback*) que auxilia a planejar um movimento e depois a refiná-lo. O *núcleo ventral posterior* retransmite informação sensitiva relacionada a tato, pressão, dor, temperatura e propriocepção da medula espinal e do tronco encefálico para o córtex sensitivo primário do lobo parietal.
4. Os **núcleos posteriores** incluem os *núcleos do pulvinar* e os *corpos geniculados*. O **pulvinar** integra informação sensitiva e a projeta nas áreas de associação do córtex cerebral. O **corpo geniculado lateral** (*genicula*, pequeno joelho) de cada tálamo recebe informação visual dos olhos, trazida pelo trato óptico. As fibras eferentes se projetam no córtex visual e também descendem para o mesencéfalo. O **corpo geniculado medial** retransmite informação auditiva dos receptores especializados da orelha interna para o córtex auditivo.
5. Os **núcleos laterais** são estações de retransmissão, em vias de retroalimentação, que regulam a atividade no giro do cíngulo e lobo parietal. Portanto, eles afetam os estados emocionais e a integração de informação sensitiva.

O hipotálamo [Figuras 15.14/15.15a]

O hipotálamo contém centros envolvidos em emoções e processos viscerais que afetam o cérebro, assim como outros componentes do tronco encefálico. Ele também controla uma diversidade de funções autonômicas e faz a ligação entre os sistemas nervoso e endócrino. O hipotálamo, que forma o soalho do terceiro ventrículo, se estende da área superior ao **quiasma óptico**, onde os *tratos ópticos* vindos dos olhos alcançam o cérebro, às margens posteriores dos corpos mamilares (Figura 15.14). (Os corpos mamilares foram apresentados na discussão sobre o sistema límbico, na pág. 401.) Posteriormente ao quiasma óptico, o **infundíbulo** (*infundibulum*, túnel) se estende inferiormente, conectando o hipotálamo à hipófise. No indivíduo vivo, o diafragma da sela (pág. 391) envolve o infundíbulo quando este penetra na fossa hipofisial do esfenóide.

Visto em secção sagital mediana (Figuras 15.14 e 15.15a), o soalho do hipotálamo, entre o infundíbulo e os corpos mamilares, constitui o **túber cinéreo** (*tuber*, inchaço), uma área que contém núcleos envolvidos com o controle da função hipofisária.

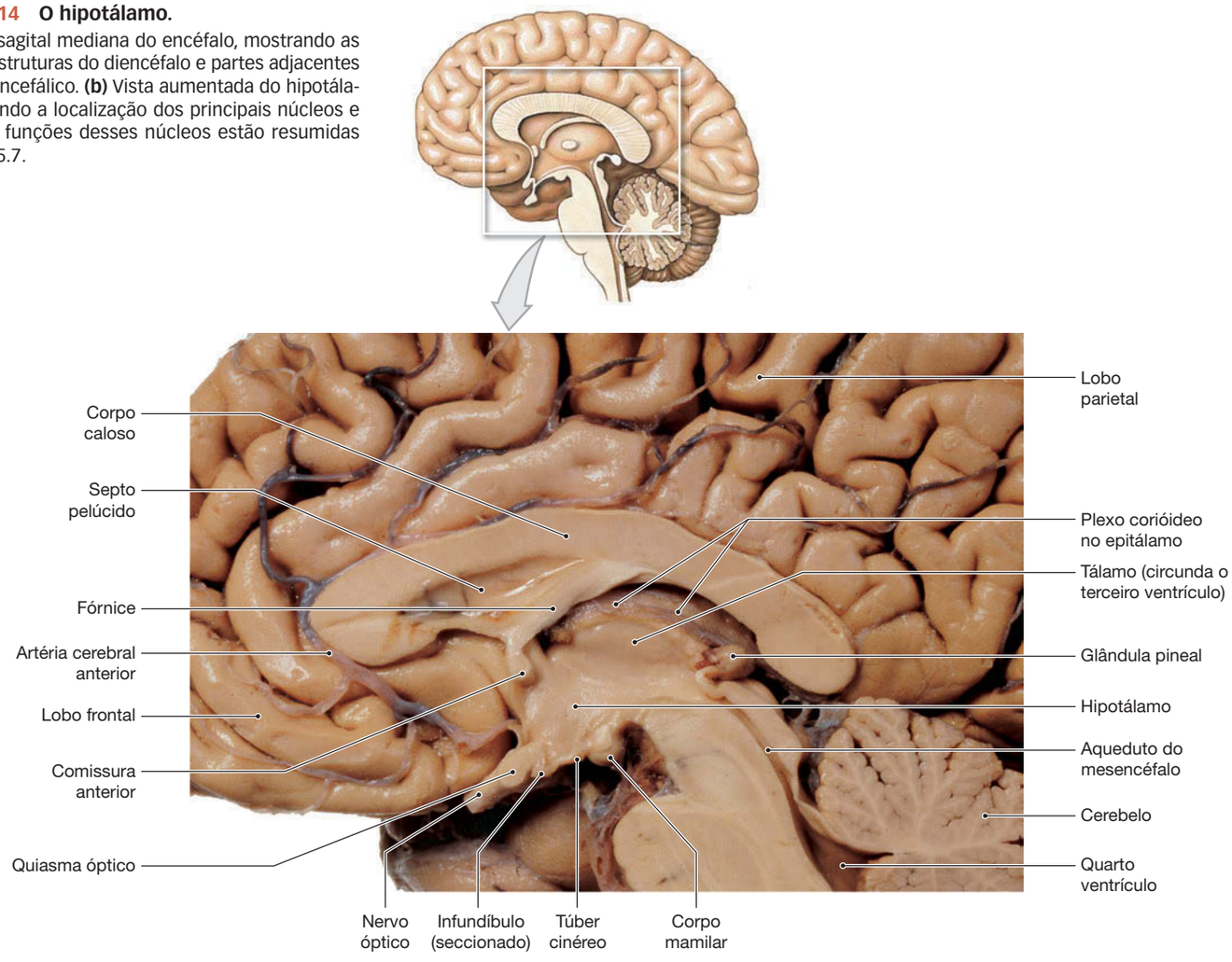
Funções do hipotálamo [Figura 15.14b e Tabela 15.7]

O hipotálamo contém uma diversidade de importantes centros de controle e de integração, além daqueles associados ao sistema límbico. Estes centros e suas funções estão resumidos na Figura 15.14b e na Tabela 15.7. Os centros hipotalâmicos estão continuamente recebendo informação sensitiva do cérebro, do tronco encefálico e da medula espinal. Os neurônios hipotalâmicos detectam e respondem às alterações na composição do líquido cerebrospinal e do líquido intersticial; eles também respondem a estímulos provenientes do sangue circulante, devido à grande permeabilidade dos capilares nesta região. As funções hipotalâmicas incluem:

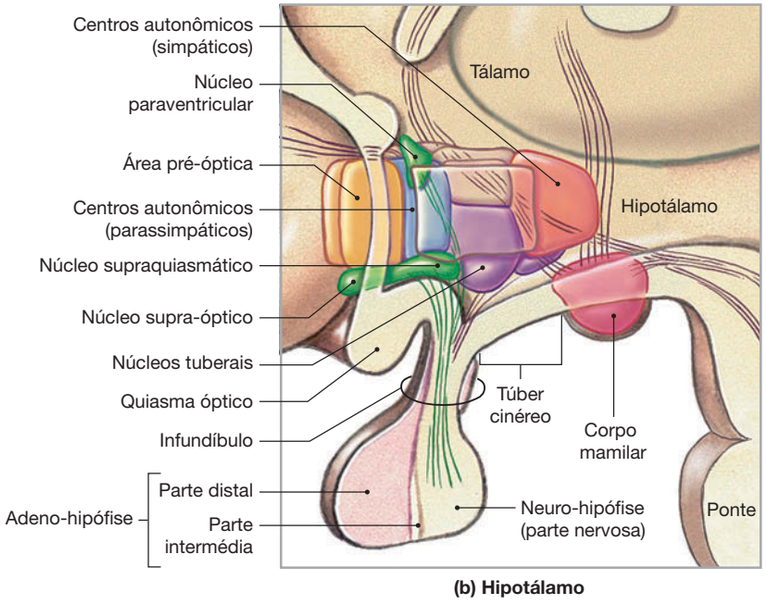
1. *Controle subconsciente das contrações dos músculos esqueléticos*: Pela estimulação de centros apropriados em outras partes do encéfalo, os núcleos hipotalâmicos comandam padrões motores somáticos associados com emoções de raiva, prazer, dor e estímulo sexual.
2. *Controle da função autonômica*: Os centros hipotalâmicos regulam e coordenam as atividades dos centros autonômicos, em outras partes do tronco encefálico, relacionados com a regulação da freqüência cardíaca, pressão sangüínea, respiração e funções digestivas.
3. *Coordenação de atividades dos sistemas nervoso e endócrino*: A maior parte do controle regulador é exercido por meio de estimulação ou inibição de células endócrinas na adeno-hipófise.
4. *Secreção de hormônios*: O hipotálamo secreta dois hormônios: (1) *hormônio antidiurético*, produzido pelo **núcleo supra-óptico**, que restringe a perda de água nos rins, e (2) *oxitocina*, produzida pelo **núcleo paraventricular**, que estimula a contração da musculatura lisa no útero e na próstata e das células mioepiteliais na glândula mamária. Os dois hormônios são levados, por transporte axonal, até o infundíbulo, para então serem liberados na circulação geral na neuro-hipófise.
5. *Instituição de impulsos emocionais e comportamentais*: Centros hipotalâmicos específicos produzem sensações que levam a alterações nos padrões de comportamento voluntário ou involuntário. Por exemplo, a estimulação do **centro da sede** produz o desejo de beber.
6. *Coordenação entre funções voluntárias e autonômicas*: Quando você enfrenta uma situação de estresse, as freqüências cardíaca e respiratória aceleram e seu corpo se prepara para a emergência. Estes ajustes autonômicos são realizados porque atividades cerebrais são reguladas pelo hipotálamo. O sistema nervoso autônomo (SNA) é uma divisão do sistema nervoso periférico*. pág. 341 O SNA consiste em duas partes: (1) *simpática* e (2) *parassimpática*. A parte simpática estimula o metabolismo dos tecidos, aumenta o estado de alerta e prepara o corpo para responder às emergências; a parte parassimpática estimula as atividades sedentárias e conserva a energia corporal. Essas partes e suas relações serão discutidas no Capítulo 17.
7. *Regulação da temperatura corporal*: A **área pré-óptica** do hipotálamo controla as respostas fisiológicas frente a alterações da temperatura corporal. Dessa maneira, coordena as atividades de outros centros do SNC e regula outros sistemas fisiológicos.
8. *Controle de ritmos circadianos*: O **núcleo supra-quiasmático** coordena os ciclos de atividade diária relacionados ao ritmo circadiano (ciclo dia-noite). Esse núcleo recebe aferência direta da retina do olho, e sua eferência regula as atividades de outros núcleos hipotalâmicos, glândula pineal e formação reticular.

* N. de R.T. Na realidade, o SNA também tem componentes no SNC, fazendo parte dos dois sistemas.

Figura 15.14 O hipotálamo.
(a) Secção sagital mediana do encéfalo, mostrando as principais estruturas do diencéfalo e partes adjacentes do tronco encefálico. **(b)** Vista aumentada do hipotálamo, mostrando a localização dos principais núcleos e centros. As funções desses núcleos estão resumidas na Tabela 15.7.



(a) Secção sagital mediana



(b) Hipotálamo

TABELA 15.7 O hipotálamo

Região/núcleo	Funções
Hipotálamo em geral	Controla funções autonômicas; regula impulsos e comportamentos apetitivos (sede, fome, desejo sexual); regula estados emocionais (com o sistema límbico); faz integração com o sistema endócrino (*ver Capítulo 19*)
Núcleo supra-óptico	Secreta hormônio antidiurético, que restringe a perda de água nos rins
Núcleo supraquiasmático	Regula ritmos circadianos
Núcleo paraventricular	Secreta oxitocina, que estimula a contração da musculatura lisa do útero e glândula mamária
Área pré-óptica	Regula a temperatura corporal por meio do controle de centros autonômicos no bulbo
Túber cinéreo	Produz hormônios estimulantes e inibidores*, que controlam as células endócrinas da adeno-hipófise
Centros autonômicos	Controlam a freqüência cardíaca e a pressão sangüínea por meio da regulação de centros autonômicos no bulbo
Corpos mamilares	Controlam reflexos alimentares (lamber, deglutir, etc.)

* N. de R.T. Estes hormônios são conhecidos como HHH (hormônios hipofisiotrópicos hipotalâmicos).

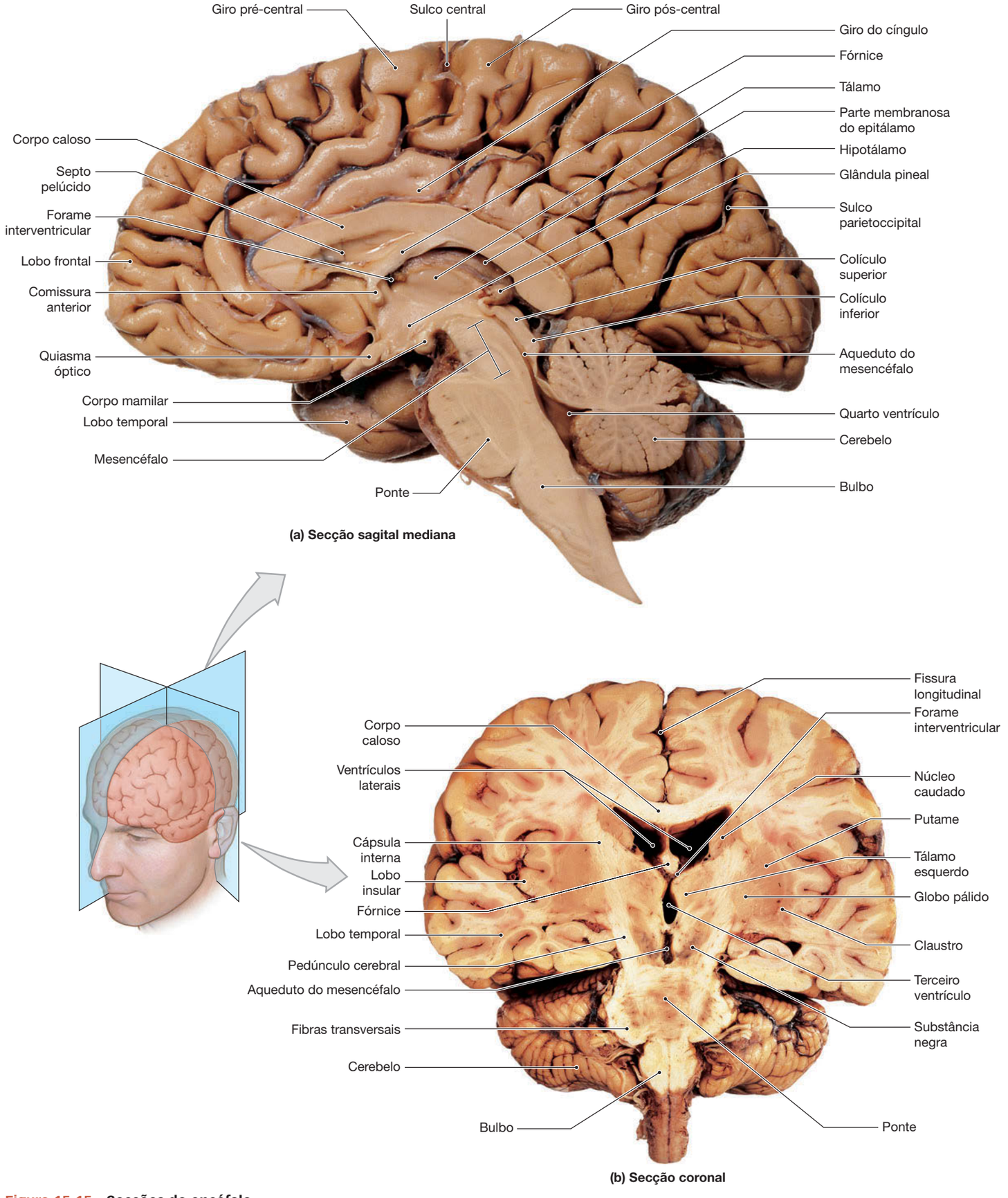
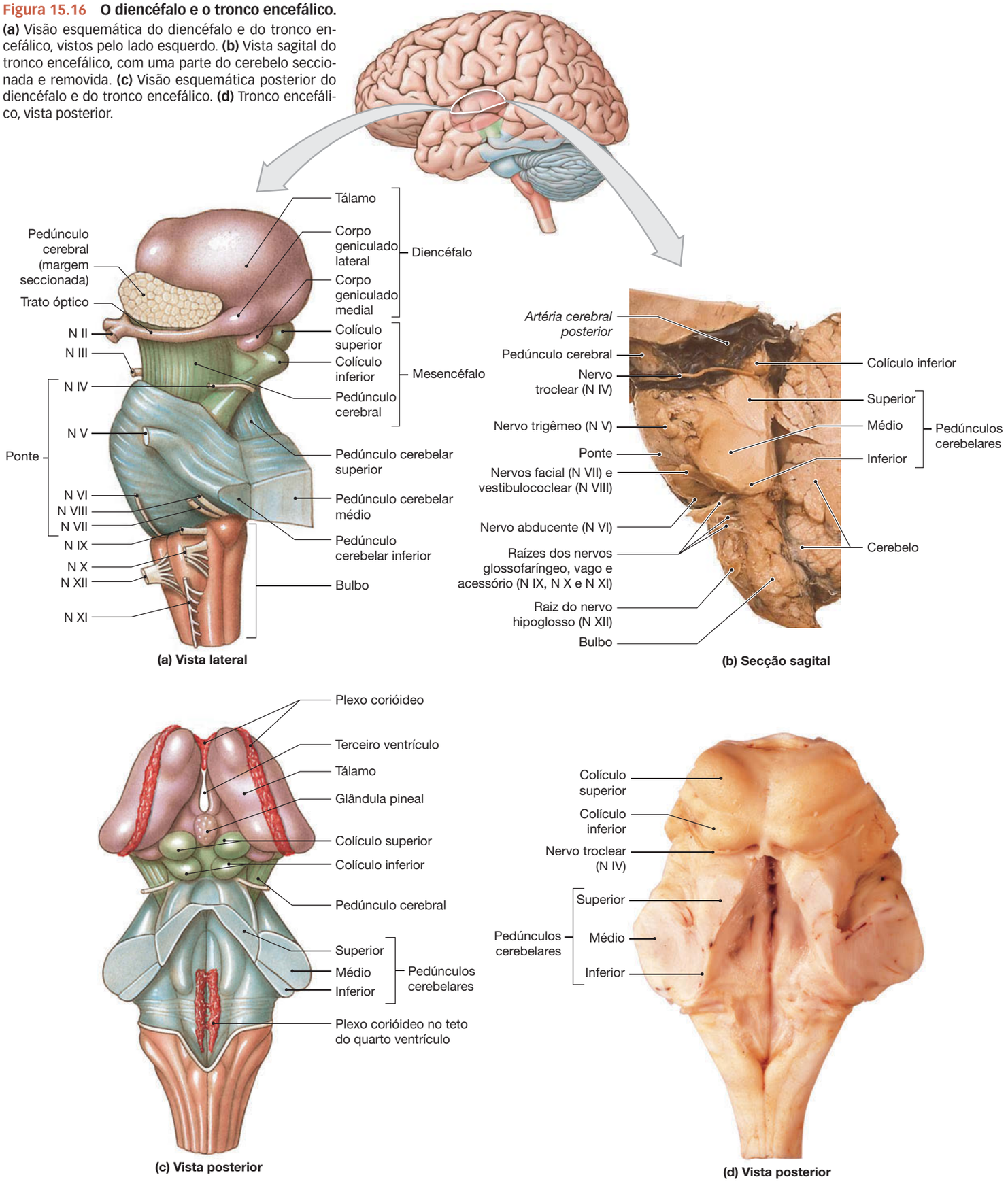


Figura 15.15 **Secções do encéfalo.**
(a) Secção sagital do encéfalo. **(b)** Secção coronal do encéfalo.

Figura 15.16 O diencéfalo e o tronco encefálico.
(a) Visão esquemática do diencéfalo e do tronco encefálico, vistos pelo lado esquerdo. **(b)** Vista sagital do tronco encefálico, com uma parte do cerebelo seccionada e removida. **(c)** Visão esquemática posterior do diencéfalo e do tronco encefálico. **(d)** Tronco encefálico, vista posterior.



REVISÃO DOS CONCEITOS

1. Que área do diencéfalo é estimulada por alterações da temperatura corporal?
2. Que região do diencéfalo auxilia a coordenar atividades motoras somáticas?
3. Que estrutura endócrina no diencéfalo secreta melatonina?
4. Que hormônios são produzidos pelo hipotálamo e liberados na hipófise?

Veja a seção de Respostas na parte final do livro.

O mesencéfalo [Figuras 15.1/15.15/15.16/15.17 e Tabela 15.8]

O mesencéfalo contém núcleos que processam informação visual e auditiva e originam respostas reflexas a estes estímulos. A anatomia externa do mesencéfalo pode ser vista na **Figura 15.16**, e os núcleos principais estão indicados na **Figura 15.17** e na Tabela 15.8. A superfície do mesencéfalo, posterior ao aqueduto do mesencéfalo, é chamada de **lâmina do teto do mesencéfalo**. Esta região contém dois pares de núcleos sensitivos. Esses núcleos são estações retransmissoras relacionadas com o processamento de sensações visuais e auditivas. Cada **colículo superior** (*colliculus*, pequena colina) recebe aferência visual do corpo geniculado lateral do metatálamo do mesmo lado. O **colículo inferior** recebe aferência auditiva de núcleos do bulbo; uma pequena parte desta informação pode ser enviada ao corpo geniculado medial do mesmo lado.

O mesencéfalo também contém os principais núcleos da formação reticular. Padrões específicos de estimulação nesta região podem produzir uma diversidade de respostas motoras involuntárias. Cada lado do mesencéfalo contém um par de núcleos, o *núcleo rubro* e a *substância negra* (**Figura 15.17**). O **núcleo rubro** é suprido por numerosos vasos sangüíneos, o que lhe confere uma rica coloração vermelha. Esse núcleo integra informação do cérebro e do cerebelo e emite comandos motores involuntários, relacionados com a manutenção do tono muscular e a posição dos membros. A **substância negra** se localiza lateralmente ao núcleo rubro. A substância cinzenta nesta região contém células densamente pigmentadas, conferindo-lhe uma coloração escura. A substância negra desempenha um importante papel na regulação da eferência motora dos núcleos da base.

Os feixes de fibras nas superfícies ventrolaterais do mesencéfalo (**Figuras 15.16** e **15.17b**) formam os **pedúnculos cerebrais** (*pedúnculo*, pequeno pé). Eles contêm (1) fibras ascendentes que fazem sinapse nos núcleos do tálamo e (2) fibras descendentes das vias piramidais (corticospinais), que veiculam comandos motores voluntários do córtex motor primário de cada hemisfério cerebral.

A ponte [Figuras 15.15/15.16/15.18 e Tabela 15.9]

A ponte se estende, inferiormente ao mesencéfalo, até o bulbo. Forma uma saliência proeminente na superfície anterior do tronco encefálico. Posteriormente a ela estão os hemisférios do cerebelo, separados parcialmente dela pelo quarto ventrículo. Em ambos os lados, a ponte está ligada ao cerebelo por três *pedúnculos cerebelares*. Estruturas e regiões importantes estão indicadas nas **Figuras 15.15**, **15.16** e **15.18** e também na Tabela 15.9. A ponte contém:

- **Núcleos sensitivos e motores para quatro nervos cranianos** (N V, N VI, N VII e N VIII). Estes nervos cranianos inervam os músculos da mastigação, a face, um dos músculos extrínsecos do bulbo

Nota clínica

A substância negra e a doença de Parkinson Os núcleos da base contêm dois grupos separados de neurônios. Um grupo estimula neurônios motores pela liberação de aceticolina (ACh) e o outro inibe neurônios motores pela liberação do neurotransmissor *ácido gama-aminobutírico*, ou *GABA*. Em condições normais, os neurônios excitadores permanecem inativos e os tratos descendentes são responsáveis, primariamente, por inibir a atividade nervosa motora. Os neurônios excitadores estão em repouso porque eles são continuamente expostos aos efeitos inibidores do neurotransmissor *dopamina*. Este composto é sintetizado nos neurônios da substância cinzenta e levado, por transporte axonal, até as sinapses nos núcleos da base. Se o trato ascendente ou os neurônios produtores de dopamina estiverem lesados, esta inibição se perde e os neurônios excitadores tornam-se progressivamente mais ativos. Esta atividade aumentada produz os sintomas motores da **doença de Parkinson**, ou *paralisia agitante*.

A doença de Parkinson é caracterizada por um aumento acentuado no tono muscular. Os movimentos voluntários tornam-se hesitantes e espasmódicos, pois um movimento não pode ocorrer até que um grupo muscular consiga sobrepujar seu antagonista. Indivíduos com a doença de Parkinson mostram **espasticidade** durante o movimento voluntário e um **tremor** contínuo quando em repouso. O tremor representa um "cabo-de-guerra" entre grupos musculares antagonistas, que produz uma vibração de base dos membros. Pessoas com a doença de Parkinson também têm dificuldade para iniciar movimentos voluntários. Até mesmo mudar a expressão facial exige intensa concentração, e o rosto do indivíduo adquire uma expressão estática, amímica. Finalmente, o posicionamento e os ajustes motores preparatórios em geral automáticos para realizar um movimento não mais ocorrem. Todas as fases do movimento devem ser voluntariamente controladas e o esforço extra demanda uma intensa concentração, que pode se mostrar fatigante e extremamente frustrante. Nos estádios finais desta patologia, outros efeitos sobre o SNC, como depressão e alucinações, freqüentemente aparecem.

Suprir os núcleos da base com dopamina pode reduzir significativamente os sintomas em dois terços dos pacientes com doença de Parkinson. A dopamina não pode atravessar a barreira hemato-encefálica e o tratamento mais comum envolve a administração oral do fármaco L-Dopa (*levodopa*), um composto correlato que cruza a parede dos capilares cerebrais e é convertido em dopamina. O tratamento cirúrgico para controlar os sintomas da doença de Parkinson está centrado na destruição de grandes áreas dos núcleos da base e do tálamo, para controlar os sintomas motores de tremor e rigidez. O transplante de tecidos que produzem dopamina ou compostos afins, diretamente nos núcleos da base, é uma outra tentativa de cura. O transplante de células cerebrais fetais nos núcleos da base de cérebros adultos tem retardado ou mesmo revertido o curso da doença em um número significativo de pacientes, embora efeitos indesejáveis de contrações musculares involuntárias tenham se desenvolvido tardiamente em muitos casos.

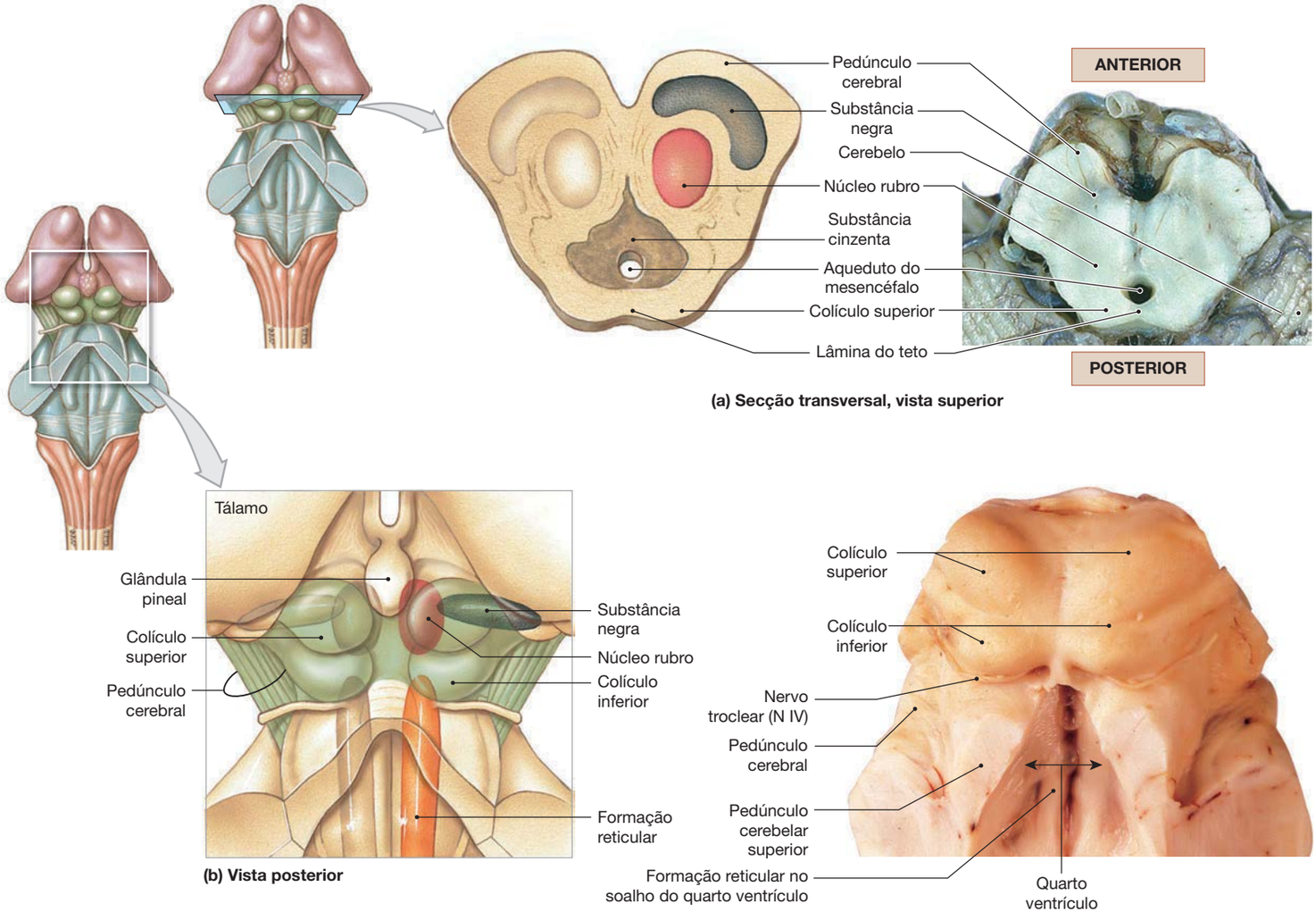


Figura 15.17 O mesencéfalo.
(a) Vistas esquemática e em secção do tronco encefálico, com secções feitas nos níveis indicados na imagem. **(b)** Vistas esquemática e posterior do diencéfalo e do tronco encefálico. A vista esquemática está desenhada em transparência, para mostrar as posições de importantes núcleos.

TABELA 15.8 O mesencéfalo

Subdivisão	Região/núcleo	Funções
SUBSTÂNCIA CINZENTA		
Lâmina do teto	**Colículo superior**	Integra informação visual com outras aferências sensitivas; inicia respostas reflexas aos estímulos visuais
Paredes e soalho	**Colículo inferior**	Retransmite informação auditiva ao corpo geniculado medial; inicia respostas reflexas aos estímulos auditivos
	Núcleo rubro	Controle involuntário do tono muscular de base e da posição dos membros
	Substância negra	Regula a atividade dos núcleos da base
	Formação reticular	Processamento automático de sensações aferentes e comandos motores eferentes; pode iniciar respostas motoras aos estímulos; auxilia a manter a consciência
	Outros núcleos/centros	Núcleos associados com dois nervos cranianos (N III, N IV)
SUBSTÂNCIA BRANCA	Pedúnculos cerebrais	Conectam o córtex motor primário com neurônios motores no tronco encefálico e na medula espinal; levam informação sensitiva ascendente ao tálamo

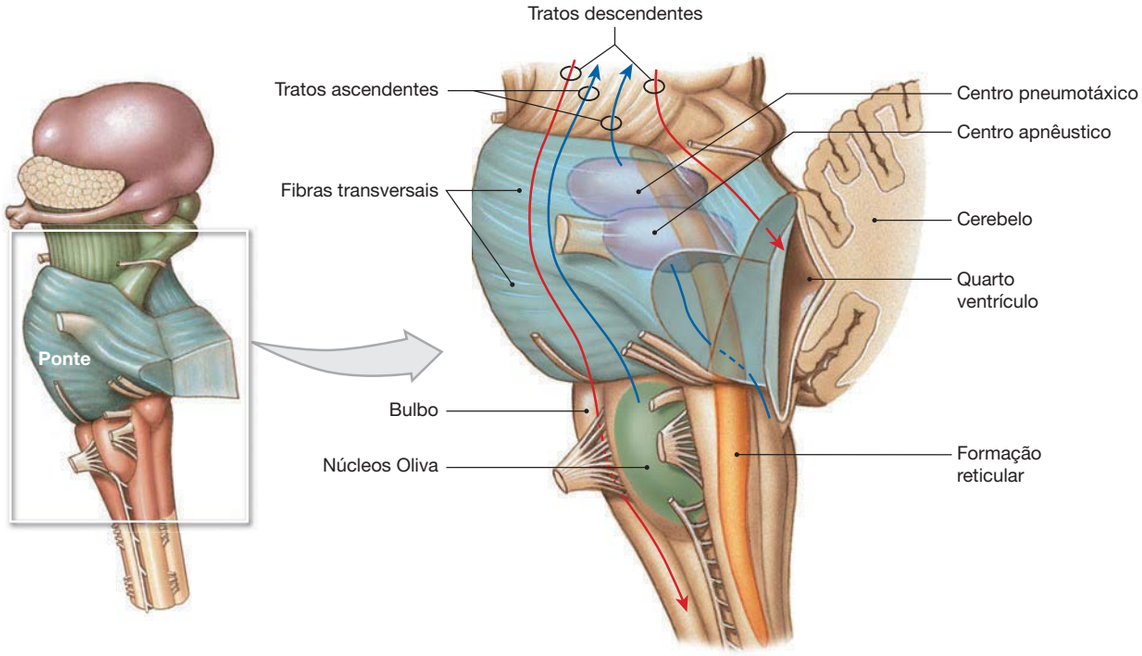


Figura 15.18 **A ponte.**

TABELA 15.9 A ponte

Subdivisão	Região/núcleo	Funções
Substância cinzenta	**Centros respiratórios**	Modificam a eferência de centros respiratórios no bulbo
	Outros núcleos/ centros	Núcleos associados com quatro nervos cranianos e o cerebelo
Substância branca	**Tratos ascendentes e descendentes**	Interconectam outras partes do SNC
	Fibras transversais	Interconectam os hemisférios do cerebelo; interconectam os núcleos pontinos com os hemisférios do cerebelo do lado oposto

do olho (músculo reto lateral) e órgãos do equilíbrio e da audição na orelha interna.

- **Núcleos relacionados com o controle involuntário da respiração.** De cada lado do tronco encefálico, a formação reticular nesta região contém dois centros respiratórios, o *centro apnêustico* e o *centro pneumotáxico*. Esses centros modificam a atividade do *centro rítmico respiratório*, localizado no bulbo.
- **Núcleos que processam e retransmitem comandos cerebelares que chegam por meio dos pedúnculos cerebelares médios.** Os pedúnculos cerebelares médios estão conectados às **fibras transversais** da ponte, que cruzam na sua superfície anterior.
- **Tratos ascendentes, descendentes e transversos.** Os tratos longitudinais interconectam a ponte com outras partes do SNC. Os pedúnculos cerebelares superiores contêm tratos eferentes que alcançam os núcleos do cerebelo. Estas fibras permitem a comunicação entre os hemisférios do cerebelo de lados opostos. Os pedúnculos cerebelares inferiores contêm tratos aferentes e eferentes que conectam o cerebelo ao bulbo.

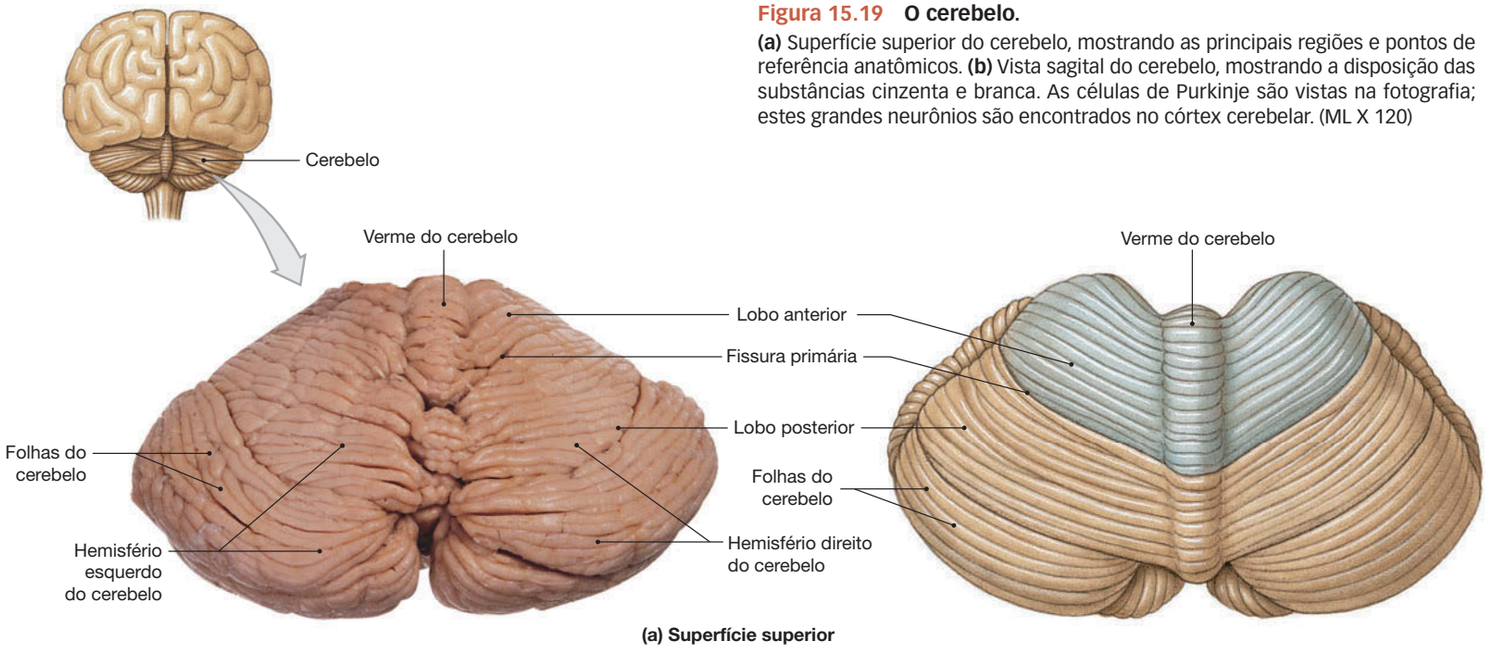
O cerebelo [Figuras 15.8/15.15/15.16/15.19 e Tabela 15.10]

O cerebelo possui dois **hemisférios do cerebelo**, cada um com uma superfície muito pregueada composta de córtex nervoso (Figuras 15.8 e 15.19). Estas pregas superficiais, ou **folhas do cerebelo**, são menos proeminentes do que os giros dos hemisférios cerebrais. Cada hemisfério do cerebelo consiste em dois **lobos**, **anterior** e **posterior**, separados pela **fissura primária**. Ao longo da linha mediana, uma estreita faixa de córtex, conhecida como **verme do cerebelo** (*vermis*, verme), separa os hemisférios do cerebelo. Um estreito **lóbulo flóculo-nodular** se situa anterior e inferiormente aos hemisférios do cerebelo. Os lobos anterior e posterior auxiliam no planejamento, na execução e na coordenação dos movimentos do tronco e dos membros. O lóbulo flóculo-nodular é importante na manutenção do equilíbrio e no controle dos movimentos oculares. As estruturas do cerebelo e suas funções estão resumidas na Tabela 15.10.

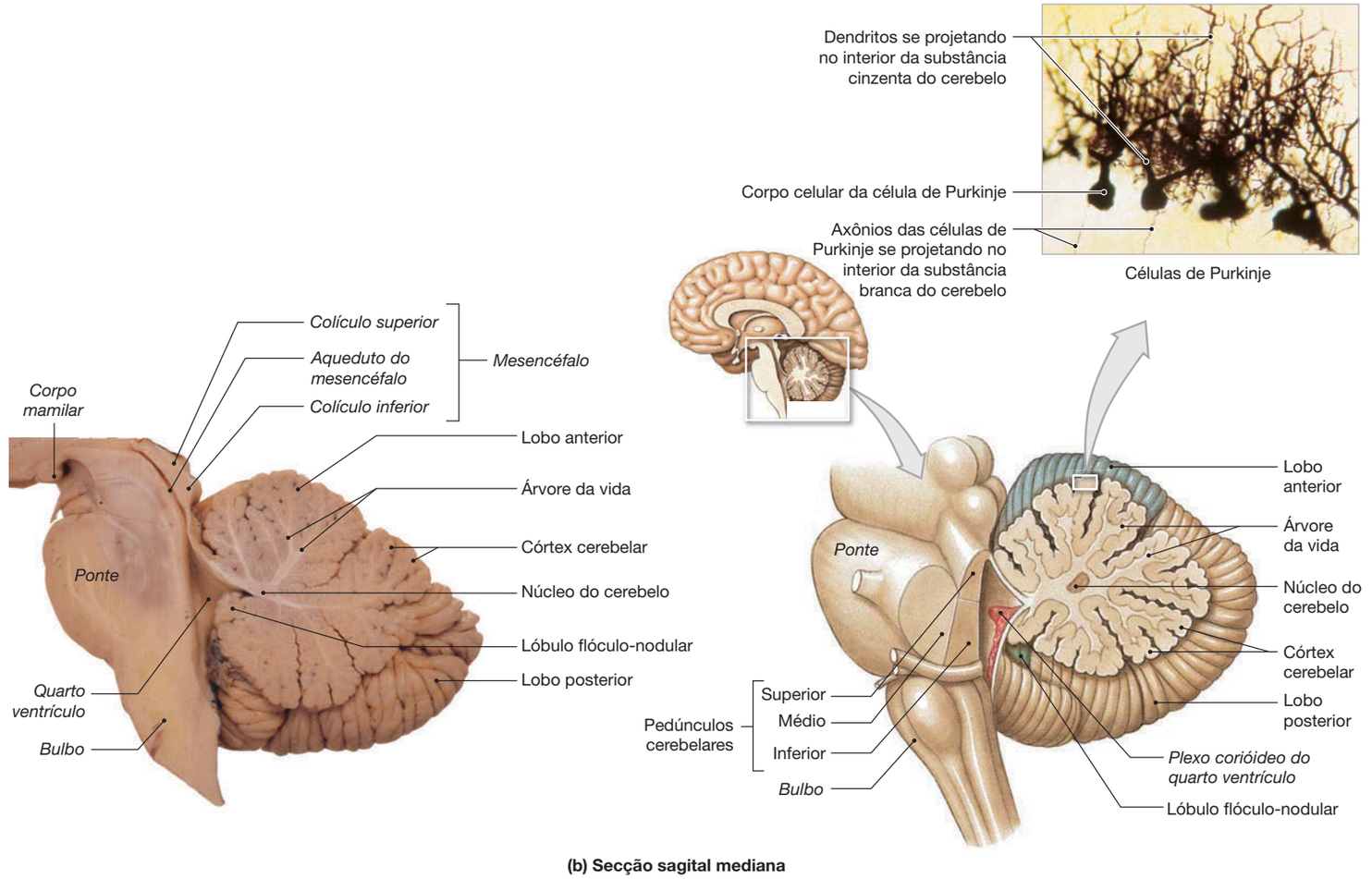
O córtex cerebelar contém as **células de Purkinje**, grandes e intensamente ramificadas. Essas células têm corpos celulares densos, em forma de pêra, que possuem grandes e numerosos dendritos que se irradiam para o interior da substância cinzenta (córtex nervoso) do córtex cerebelar. Seus axônios se projetam da base da célula no interior da substância branca para atingir os núcleos do cerebelo. Internamente, a substância branca do cerebelo* forma um arranjo ramificado que em secção sagital mediana lembra uma árvore. Os anatomistas chamam-na de **árvore da vida**. O cerebelo recebe informação proprioceptiva da medula espinal, indicando a posição do corpo (sensação de posição), e regula todas as sensações proprioceptivas, visuais, táteis, de equilíbrio e auditivas recebidas pelo encéfalo. A informação relativa aos comandos motores, emitida pelo córtex cerebral, alcança o cerebelo indiretamente, retransmitida através dos núcleos pontinos. Uma parte relativamente pequena de fibras aferentes faz sinapse nos **núcleos do cerebelo** antes de se projetar no córtex cerebelar. A maioria dos axônios que levam in-

* N. de R.T. Recebe o nome genérico de corpo medular do cerebelo.

Figura 15.19 O cerebelo.
(a) Superfície superior do cerebelo, mostrando as principais regiões e pontos de referência anatômicos. **(b)** Vista sagital do cerebelo, mostrando a disposição das substâncias cinzenta e branca. As células de Purkinje são vistas na fotografia; estes grandes neurônios são encontrados no córtex cerebelar. (ML X 120)



(a) Superfície superior



(b) Secção sagital mediana

TABELA 15.10 O cerebelo

Subdivisão	Região/núcleo	Funções
Substância cinzenta	**Córtex cerebelar**	Coordenação subconsciente e controle de movimentos em andamento de partes do corpo
	Núcleos do cerebelo	Idem ao anterior
Substância branca	**Árvore da vida**	Conecta o córtex cerebelar e os núcleos do cerebelo com os pedúnculos cerebelares
	Pedúnculos cerebelares	
	Superior	Une o cerebelo com o mesencéfalo, diencéfalo e cérebro
	Médio	Contém fibras transversais e faz comunicações entre o cerebelo e a ponte
	Inferior	Une o cerebelo com o bulbo e a medula espinal

formação sensitiva não faz sinapse nos núcleos do cerebelo, mas passa através das camadas mais profundas do córtex cerebelar para terminar próximo à superfície cortical. Aí, eles fazem sinapse com os processos dendríticos das células de Purkinje. Então, tratos contendo axônios de células de Purkinje retransmitem os comandos motores para núcleos do cérebro e do tronco encefálico.

Os tratos que unem o cerebelo ao tronco encefálico, ao cérebro e à medula espinal deixam os hemisférios do cerebelo como *pedúnculos cerebelares superior*, *médio* e *inferior* (Figuras 15.15a, 15.16 e 15.19b). Os **pedúnculos cerebelares superiores** unem o cerebelo aos núcleos do mesencéfalo, diencéfalo e cérebro. Os **pedúnculos cerebelares médios** estão conectados a uma larga faixa de fibras que cruzam a superfície anterior da ponte, em ângulo reto ao eixo longitudinal do tronco encefálico. Os pedúnculos cerebelares médios também conectam os hemisférios do cerebelo com núcleos pontinos sensitivos e motores. Os **pedúnculos cerebelares inferiores** permitem a comunicação entre o cerebelo e os núcleos do bulbo, levando tratos cerebelares ascendentes e descendentes vindos da medula espinal.

O cerebelo é um centro de processamento automático que possui duas funções primárias:

- **Regulação dos músculos posturais do corpo:** O cerebelo coordena ajustes rápidos e automáticos que mantêm o equilíbrio estático e dinâmico. Estas alterações no tono muscular e na posição são realizadas pela modificação da atividade do núcleo rubro.
- **Programação e refinamento de movimentos voluntários e involuntários:** O cerebelo armazena memórias de padrões motores aprendidos. Estas funções são desempenhadas de maneira indireta, pela regulação da atividade ao longo de vias motoras envolvendo o córtex cerebral, núcleos da base e centros motores no tronco encefálico.

Nota clínica

Disfunção cerebelar A função cerebelar pode ser alterada, permanentemente, por traumatismo ou acidente vascular encefálico, ou, temporariamente, por drogas como o álcool. As alterações podem produzir distúrbios no controle motor. Em ataxias severas, os problemas no equilíbrio são tão intensos que o indivíduo não pode se sentar ou ficar em posição ereta. A doença moderada causa uma instabilidade evidente e padrões irregulares de movimentos. O indivíduo tipicamente olha seus pés, quando caminha, para ver onde está pisando e controla os movimentos em andamento por meio de intensa concentração e esforço voluntário. Alcançar um objeto torna-se uma ação que exige grande esforço, porque a única informação sensitiva disponível, enquanto o movimento está sendo realizado, deve ser coletada pela visão ou pelo tato. Sem a capacidade cerebelar de regular os movimentos enquanto eles ocorrem, o indivíduo não é capaz de antecipar o curso de um movimento em determinado momento. Geralmente, um movimento de alcance termina com a mão ultrapassando o objeto. Esta incapacidade de antecipar e parar um movimento de maneira precisa é chamada de **dismetria** (*dys*, mal + *metron*, medida). Na tentativa de corrigir a situação, a pessoa em geral ultrapassa novamente o alvo, desta vez na direção oposta, e assim sucessivamente. A mão oscila para trás e para frente até que o objeto possa ser apanhado ou a tentativa seja abandonada. Este movimento oscilante é conhecido como *tremor de intenção*.

Os médicos avaliam a ataxia pela observação do indivíduo ao caminhar em uma linha reta; o teste habitual para dismetria envolve o toque do nariz com a ponta do dedo indicador* ou o toque, com este, no dedo indicador do examinador**. Devido à deficiência da função cerebelar causada por muitas drogas, os mesmos testes são usados pelas autoridades policiais para avaliar motoristas suspeitos de dirigir sob a influência de álcool ou outras drogas.

* N. de R.T. Prova indicador-nariz (ou index-nasus).
** N. de R.T. Prova indicador-indicador (ou index-index).

O bulbo [Figuras 15.9/15.15/15.16/15.18/15.20 e Tabela 15.11]

A medula espinal está conectada ao tronco encefálico pelo **bulbo**, que corresponde ao mielencéfalo embrionário. O bulbo, ou *medula oblonga*, é contínuo com a medula espinal. O aspecto externo do bulbo é mostrado nas Figuras 15.9a e 15.16. Os centros e núcleos mais importantes estão indicados na Figura 15.20 e na Tabela 15.11.

A Figura 15.15a mostra o bulbo em secção sagital mediana. A parte inferior se assemelha à medula espinal, por ser cilindróide e possuir um canal central estreito. Próximo à ponte, o canal central se dilata e torna-se contínuo com o quarto ventrículo.

O bulbo conecta fisicamente o encéfalo à medula espinal, e muitas de suas funções estão diretamente relacionadas a esta conexão. Por exemplo, todas as comunicações entre o encéfalo e a medula espinal envolvem tratos ascendentes e descendentes que passam pelo bulbo.

Os núcleos do bulbo podem ser (1) estações de retransmissão ao longo de vias sensitivas e motoras, (2) núcleos sensitivos ou motores associados aos nervos cranianos ligados ao bulbo ou (3) núcleos associados com o controle autonômico de atividades viscerais.

1. *Estações de retransmissão:* Tratos ascendentes podem fazer sinapse em núcleos sensitivos ou motores que atuam como estações de retransmissão e centros de processamento. Por exemplo, o **núcleo grácil** e o **núcleo cuneiforme** levam informação sensitiva somática para o tálamo. Os **núcleos do complexo olivar inferior** retransmitem in-

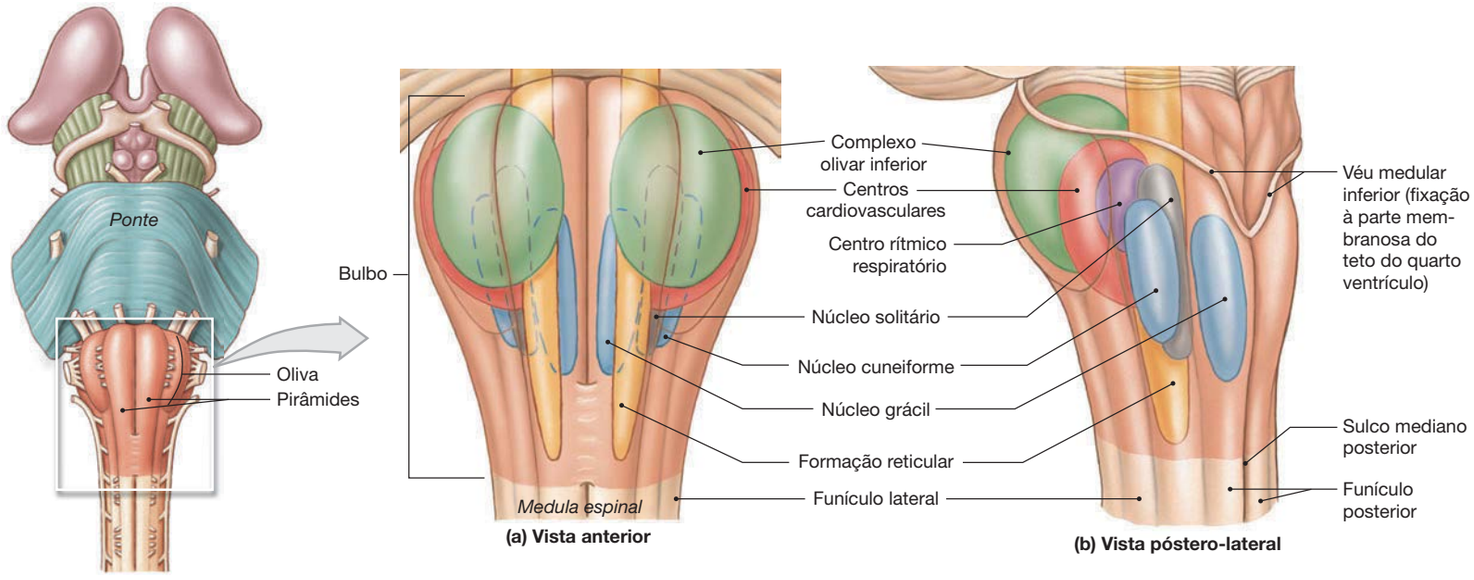


Figura 15.20 **O bulbo.**

TABELA 15.11 O bulbo

Subdivisão	Região/núcleo	Funções
Substância cinzenta	**Núcleo grácil** } **Núcleo cuneiforme** }	Retransmitem informação sensitiva somática aos núcleos ventrais posteriores do tálamo
	Complexo olivar inferior	Retransmite informação da medula espinal, núcleo rubro, outros centros do mesencéfalo e córtex cerebral ao verme do cerebelo
	Centros reflexos	
	Centros cardíacos	Regulam a freqüência cardíaca e a força de contração do coração
	Centros vasomotores	Regulam a distribuição de fluxo sangüíneo
	Centros rítmicos respiratórios	Instituem o ritmo dos movimentos respiratórios
	Outros núcleos/centros	Núcleos sensitivos e motores para cinco nervos cranianos Núcleos de retransmissão de informação sensitiva ascendente da medula espinal para centros superiores
Substância branca	**Tratos ascendentes e descendentes**	Unem o encéfalo à medula espinal

formação da medula espinal, do córtex cerebral, do diencéfalo e do tronco encefálico para o córtex cerebelar. O grande volume do complexo olivar inferior forma as **olivas**, saliências proeminentes situadas na superfície ventrolateral do bulbo (Figura 15.18).

2. *Núcleos dos nervos cranianos:* O bulbo contém núcleos sensitivos e motores associados a cinco nervos cranianos (N VIII, N IX, N X, N XI e N XII). Esses nervos cranianos inervam músculos da faringe, pescoço e dorso, assim como vísceras das cavidades torácica e abdominal.
3. *Núcleos autonômicos:* A formação reticular no bulbo contém núcleos e centros responsáveis pela regulação de funções autonômicas vitais. Estes **centros reflexos** recebem aferência dos nervos cranianos, córtex cerebral, diencéfalo e tronco encefálico, e suas eferências controlam ou regulam as atividades de um ou mais sistemas periféricos. Os principais centros incluem os seguintes:

   - **Centros cardiovasculares**, que regulam a freqüência cardíaca, a força de contração do coração e o fluxo sangüíneo através de tecidos periféricos. Com base nas suas funções, os centros cardiovasculares podem ser subdivididos em centros *cardíacos* (*kardia*, coração) e *vasomotores* (*vas*, ducto), mas seus limites anatômicos são difíceis de determinar.
   - **Centros rítmicos respiratórios**, que instituem o ritmo básico dos movimentos respiratórios; sua atividade é regulada por aferência dos centros apnêustico e pneumotáxico da ponte.

REVISÃO DOS CONCEITOS

1. Em que parte do encéfalo você encontra o verme e a árvore da vida?
2. O bulbo é uma das menores partes do encéfalo, mas uma lesão nesse local pode levar à morte, enquanto uma lesão semelhante no cérebro pode passar despercebida. Por quê?
3. Quais são as funções dos núcleos na lâmina do teto do mesencéfalo?
4. Quando a substância negra perde sua coloração escura, seus neurônios perdem a capacidade de sintetizar dopamina. Quais poderiam ser os sinais clínicos desta patologia?

Veja a seção de Respostas na parte final do livro.

Os nervos cranianos

[Figura 15.21 e Tabela 15.12]

Os nervos cranianos são componentes do sistema nervoso periférico que se ligam ao encéfalo e não à medula espinal. Doze* pares de nervos cranianos podem ser encontrados na superfície ventrolateral do encéfalo (**Figura 15.21**), cada um deles com um nome relacionado ao seu aspecto ou função. A Tabela 15.12 apresenta um resumo da localização e das funções dos nervos cranianos.

Os nervos cranianos são numerados de acordo com sua posição ao longo do eixo longitudinal do encéfalo, começando no cérebro. Algarismos romanos são geralmente usados sozinhos ou precedidos de N ou NC. Utilizaremos a abreviatura N, que é habitualmente preferida pelos anatomistas humanos e neurologistas. Os anatomistas veterinários preferem NC, uma abreviatura igualmente válida.

Cada nervo craniano se liga ao encéfalo, próximo aos núcleos sensitivos ou motores a ele associados. Os núcleos sensitivos atuam como centros de comutação, com os neurônios pós-sinápticos retransmitindo a informação para outros núcleos ou para centros de processamento no córtex cerebral ou no córtex cerebelar. Da mesma maneira, os núcleos motores recebem eferência que converge de centros superiores ou de outros núcleos ao longo do tronco encefálico.

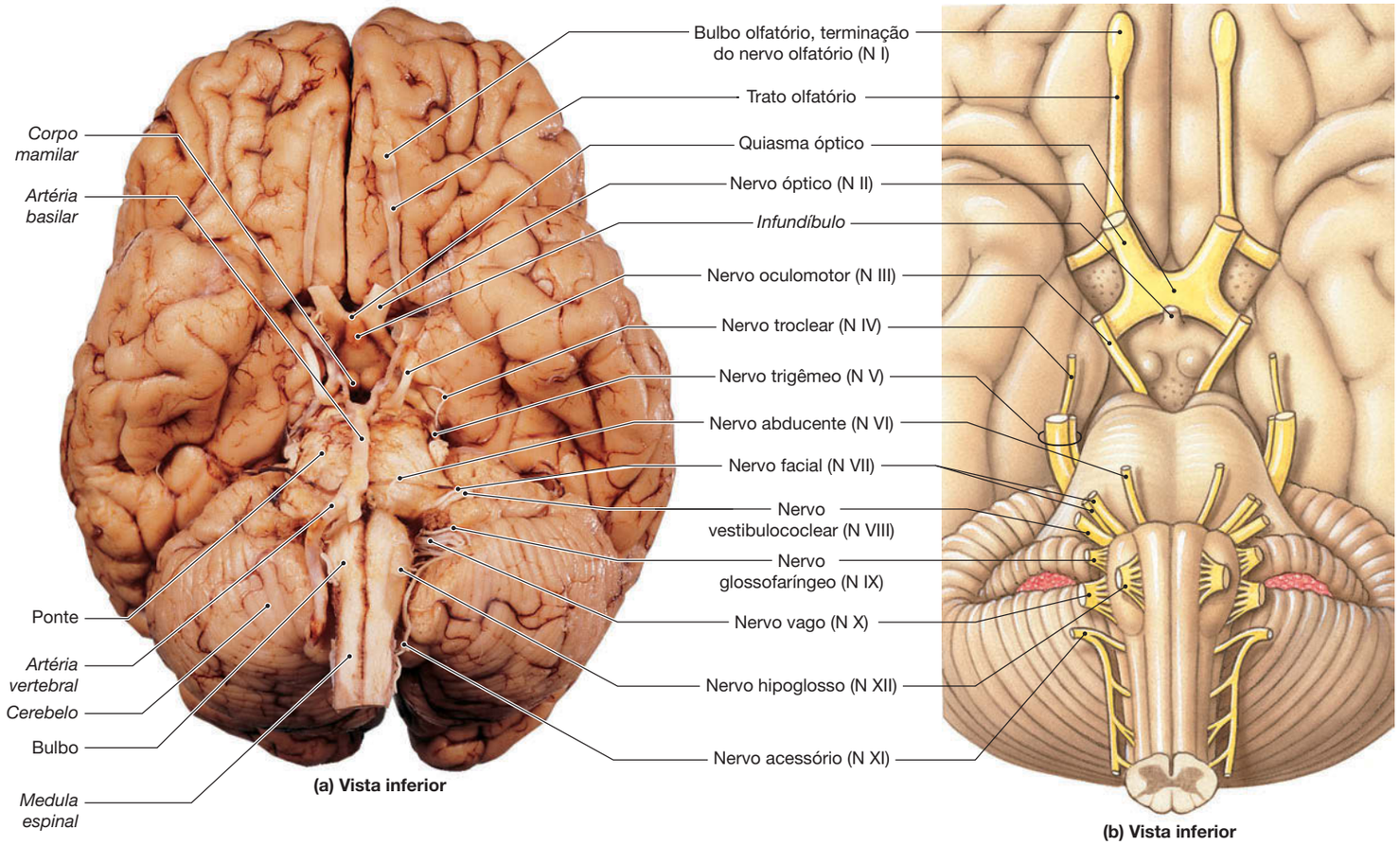
A próxima seção classifica os nervos cranianos como sensitivo geral, sensitivo especial, motor ou misto (sensitivo e motor). Este é um método útil de classificação, mas é baseado apenas na função primária, e um nervo

* N. de R.T. A Terminologia Anatômica oficial registra, na versão atual, o nervo terminal, o nervo craniano 0 (zero), o que em tese eleva para treze o número de pares cranianos.

TABELA 15.12 Os nervos cranianos

Nervo craniano (#)	Gânglio sensitivo	Ramos	Função primária	Forame	Inervação
Olfatório (I)			Sensitivo especial	Lâmina cribriforme	Epitélio olfatório
Óptico (II)			Sensitivo especial	Canal óptico	Retina do olho
Oculomotor (III)			Motor	Fissura orbital superior	Músculos retos inferior, medial e superior, oblíquo inferior e levantador da pálpebra; músculos intrínsecos do bulbo do olho
Troclear (IV)			Motor	Fissura orbital superior	Músculo oblíquo superior
Trigêmeo (V)	Trigeminal		Misto		Áreas associadas à maxila e mandíbula
		Oftálmico*	Sensitivo	Fissura orbital superior	Estruturas orbitais, cavidade nasal, pele da fronte, pálpebra superior, sobrancelhas, nariz (parte)
		Maxilar*	Sensitivo	Forame redondo	Pálpebra inferior; lábio, gengivas e dentes superiores; bochecha, nariz (parte), palato e faringe (parte)
		Mandibular*	Misto	Forame oval	*Sensitivo* para gengivas, dentes e lábio inferiores; palato (parte) e língua (parte). *Motor* para os músculos da mastigação
Abducente (VI)			Motor	Fissura orbital superior	Músculo reto lateral
Facial (VII)	Geniculado		Misto	Meato acústico interno ao canal do nervo facial; sai no forame estilomastóideo	*Sensitivo* para os receptores gustativos dos dois terços anteriores da língua. *Motor* para os músculos da face, glândula lacrimal, glândula submandibular e glândula sublingual
Vestibulococlear (VIII)		Coclear	Sensitivo especial	Meato acústico interno	Cóclea (receptores da audição)
		Vestibular	Sensitivo especial	Idem ao anterior	Vestíbulo (receptores do equilíbrio estático e dinâmico)
Glossofaríngeo (IX)	Superior e inferior		Misto	Forame jugular	*Sensitivo* do terço posterior da língua; faringe e palato (parte); seio e glomo caróticos (regula a pressão arterial, o pH e níveis dos gases respiratórios). *Motor* para os músculos da faringe e glândula parótida (salivar)
Vago (X)	Superior e inferior		Misto	Forame jugular	*Sensitivo* da faringe; orelha e meato acústico externo; diafragma; vísceras nas cavidades torácica e abdominal. *Motor* para os músculos do palato mole e da faringe e para vísceras nas cavidades torácica e abdominal
Acessório (XI)		Ramo interno	Motor	Forame jugular	Músculos esqueléticos do palato mole, faringe e laringe (com ramos do nervo vago)
		Ramo externo	Motor	Forame jugular	Músculos trapézio e esternocleidomastóideo
Hipoglosso (XII)			Motor	Canal do nervo hipoglosso	Musculatura da língua

* N. de R.T. Na Terminologia Anatômica, os ramos do nervo trigêmeo são denominados nervos e são também indicados pelas siglas V_1, V_2 e V_3.



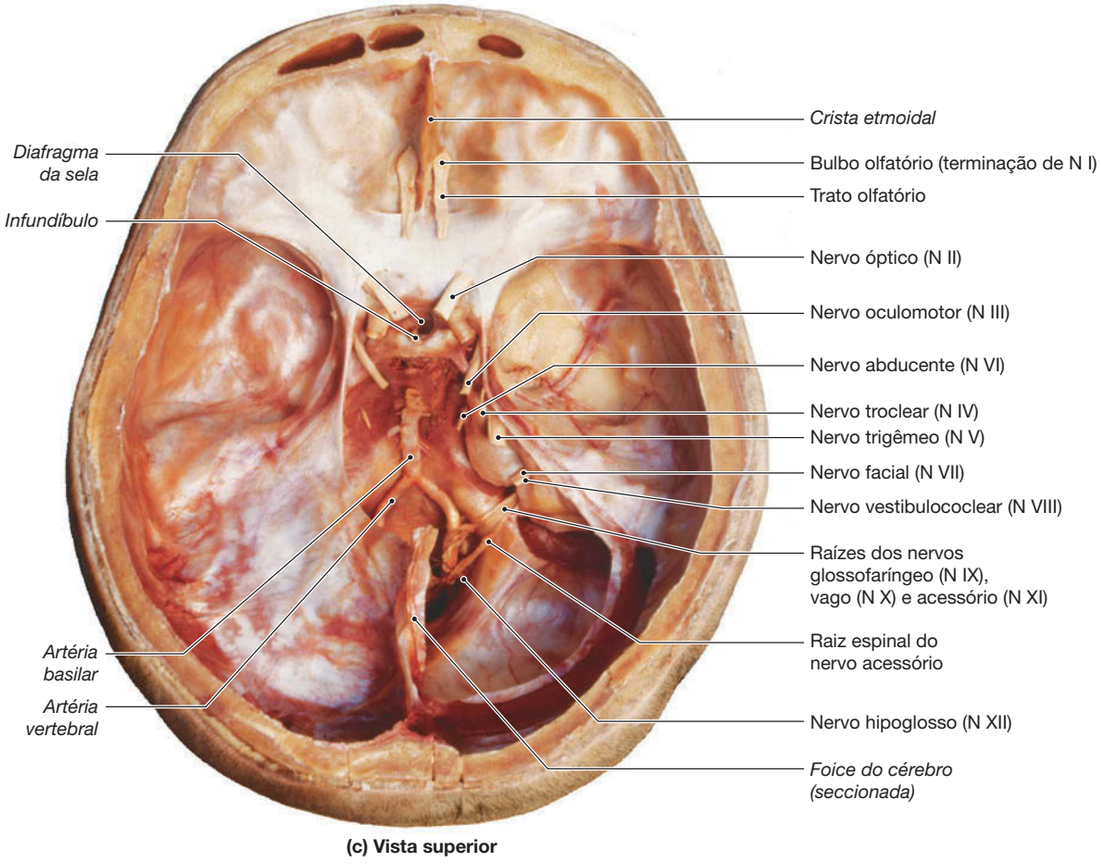


Figura 15.21 Origens dos nervos cranianos.
(a) Face inferior do encéfalo, como aparece em uma dissecação macroscópica. As raízes dos nervos cranianos estão claramente visíveis. **(b)** Vista esquemática da face inferior do encéfalo humano; compare com a parte (a). **(c)** Vista superior da cavidade do crânio, com o cérebro e a metade direita do tentório do cerebelo removidos. Partes de vários nervos cranianos são visíveis.

craniano pode ter importantes funções secundárias. Dois exemplos são dignos de nota:

1. Como em qualquer outro lugar no sistema nervoso periférico, um nervo craniano contendo dezenas de milhares de fibras motoras para um músculo esquelético também conterá fibras sensitivas vindas dos proprioceptores desse músculo. Essas fibras sensitivas, embora sabidamente presentes, são ignoradas na classificação baseada na função primária do nervo.
2. Apesar das suas outras funções, muitos nervos cranianos (N III, N VII, N IX e N X) distribuem fibras autonômicas a gânglios periféricos, assim como os nervos espinais as levam para os gânglios ao longo da medula espinal. A presença deste pequeno número de fibras autonômicas é reconhecida (e será discutida adiante, no Capítulo 17), mas ignorada na classificação do nervo.

O nervo olfatório (N I) [Figuras 15.21/15.22]

Função primária: Sensitiva especial (olfato)
Origem: Receptores do epitélio olfatório
Forame: Lâmina cribriforme do etmóide pág. 149
Terminação: Bulbos olfatórios

O primeiro par de nervos cranianos (Figura 15.22) leva informação sensitiva especial responsável pelo sentido do olfato. Os receptores olfatórios são neurônios especializados situados no epitélio que recobre o teto da cavidade nasal, concha nasal superior e parte superior do septo nasal. Axônios destes neurônios sensitivos se reúnem para formar 20 ou mais feixes que atravessam a lâmina cribriforme do etmóide. Esses feixes são os componentes dos **nervos olfatórios** (**N I**). Quase imediatamente, esses feixes penetram nos **bulbos olfatórios**, massas neuronais situadas de cada lado da crista etmoidal. As fibras olfatórias aferentes fazem sinapse nos bulbos olfatórios. Os axônios dos neurônios pós-sinápticos se dirigem ao cérebro, formando os delgados **tratos olfatórios** (Figuras 15.21 e 15.22).

Uma vez que os tratos olfatórios se parecem com nervos periféricos típicos, os anatomistas, a cerca de um século atrás, não os identificaram como o primeiro nervo craniano. Mais tarde, estudos demonstraram que os tratos e os bulbos olfatórios fazem parte do cérebro, mas então o sistema de numeração dos nervos cranianos já estava firmemente estabelecido. Os anatomistas depararam-se, então, com uma profusão de finos feixes de nervos olfatórios, que foram agrupados como N I.

Os nervos olfatórios são os únicos nervos cranianos diretamente ligados ao cérebro. Os restantes se originam ou terminam nos núcleos do diencéfalo ou tronco encefálico, e a informação sensitiva ascendente faz sinapse no tálamo, antes de atingir o cérebro.

O nervo óptico (N II) [Figuras 15.21/15.23]

Função primária: Sensitiva especial (visão)
Origem: Retina do bulbo do olho

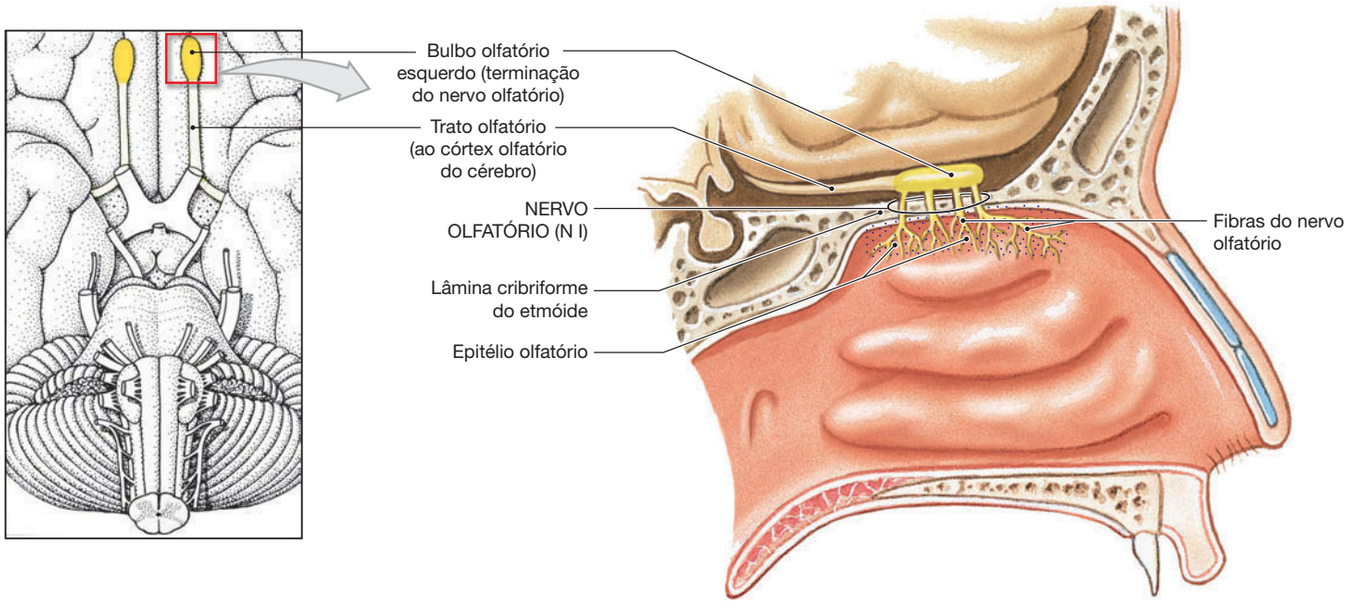


Figura 15.22 **O nervo olfatório.**

Forame: Canal óptico do esfenóide pág. 149
Terminação: Diencéfalo, por meio do quiasma óptico

Os **nervos ópticos** (N II) levam informação visual de gânglios sensitivos especiais nos olhos. Esses nervos, esquematizados na Figura 15.23, contêm cerca de 1 milhão de fibras sensitivas. Eles passam pelos canais ópticos do esfenóide antes de convergirem para as margens ventral e anterior do diencéfalo, formando o **quiasma óptico** (*chiasma*, cruzamento). No quiasma óptico, as fibras mediais de cada nervo óptico cruzam para o lado oposto, ou contralateral, do cérebro, enquanto as fibras laterais de cada trato permanecem no mesmo lado, ou ipsilateral, do cérebro. Os axônios, agora reorganizados, continuam em direção aos corpos geniculados laterais do metatálamo, como **tratos ópticos** (Figuras 15.21 e 15.23). Após fazer sinapse nos corpos geniculados laterais, as fibras visuais de projeção* levam a mensagem ao lobo occipital do cérebro. Desta disposição resulta que cada hemisfério cerebral recebe mensagem visual da metade lateral da retina do olho ipsilateral e da metade medial da retina do olho contralateral. Um número relativamente pequeno de axônios dos tratos ópticos passa sobre os corpos geniculados laterais e faz sinapse diretamente nos colículos superiores do mesencéfalo. Esta via será discutida no Capítulo 18.

* N. de R.T. Conhecidas, em conjunto, como radiação óptica, radiação de Gratiolet. Na realidade, trata-se de fibras geniculocalcarinas, não nomeadas como tal na Terminologia Anatômica.

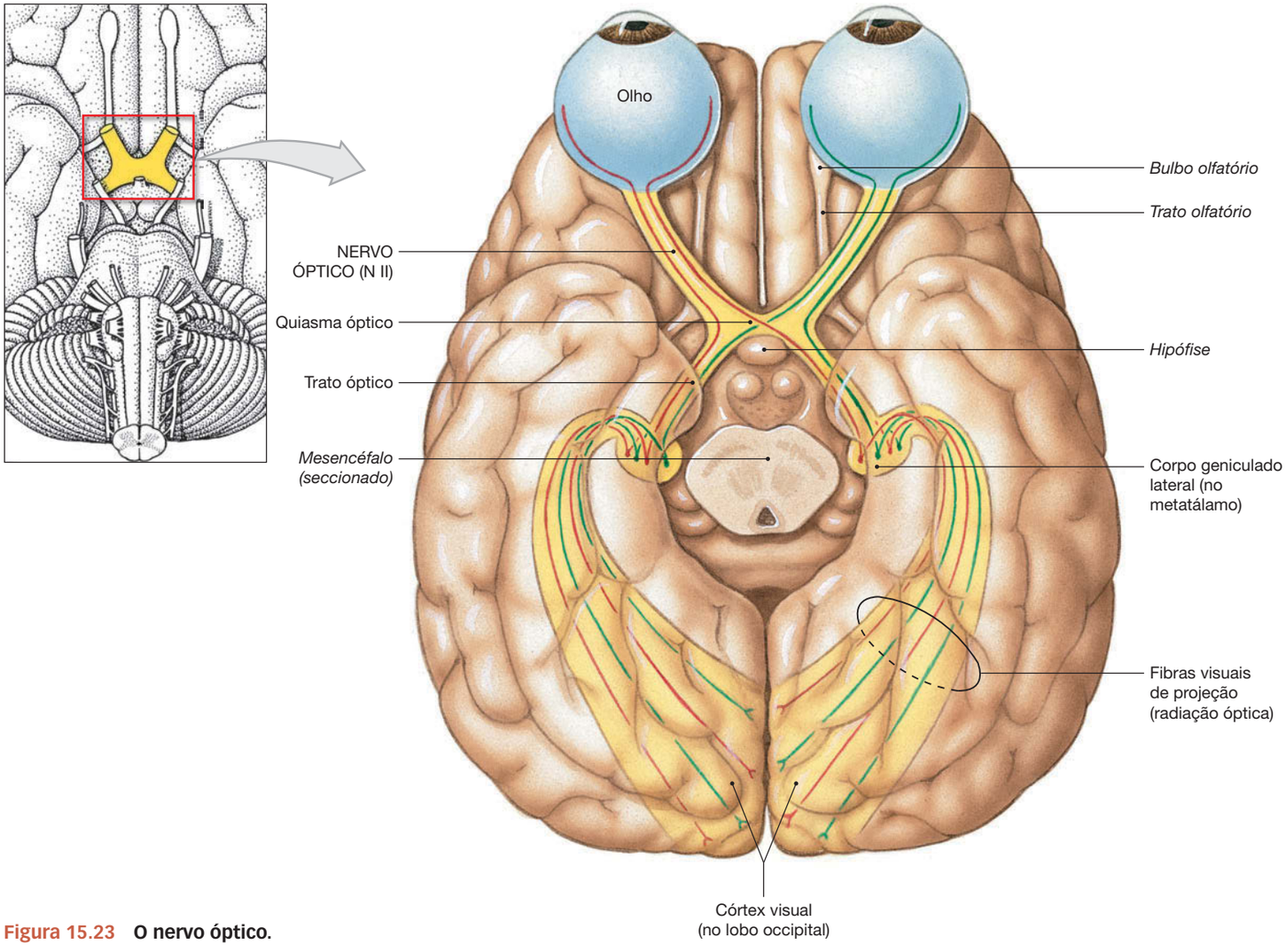


Figura 15.23 **O nervo óptico.**

O nervo oculomotor (N III) [Figuras 15.21/15.24]

Função primária: Motora (movimentos oculares)

Origem: Mesencéfalo

Forame: Fissura orbital superior pág. 149

Terminação: *Motora somática*: Músculos reto superior, inferior e medial; músculo oblíquo inferior; músculo levantador da pálpebra superior pág. 267

Motora visceral: Músculos intrínsecos do bulbo do olho

O mesencéfalo contém os núcleos motores pertencentes aos terceiro e quarto nervos cranianos. O **nervo oculomotor** (**N III**) emerge da superfície anterior do mesencéfalo (Figura 15.21) e penetra na parede posterior da órbita através da fissura orbital superior. O nervo oculomotor (Figura 15.24) controla quatro dos seis músculos extrínsecos do bulbo do olho e o músculo levantador da pálpebra superior.

O nervo oculomotor também emite fibras autonômicas pré-ganglionares para neurônios do **gânglio ciliar**. Os neurônios pós-ganglionares controlam os músculos intrínsecos do bulbo do olho. Esses músculos alteram o diâmetro da pupila, ajustando a quantidade de luz que penetra no olho, e mudam a forma da lente, a fim de focalizar a imagem na retina.

O nervo troclear (N IV) [Figuras 15.21/15.24]

Função primária: Motora (movimentos oculares)

Origem: Mesencéfalo

Forame: Fissura orbital superior pág. 149

Terminação: Músculo oblíquo superior pág. 267

O **nervo troclear** (*trochlea*, polia), o menor dos nervos cranianos, inerva o músculo oblíquo superior (Figura 15.24). O núcleo motor se localiza na parte ventrolateral do mesencéfalo, mas as fibras emergem da superfície da lâmina do teto do mesencéfalo, para penetrar na órbita através da fissura orbital superior (Figura 15.21). O nome *nervo troclear* serve para lembrar que o músculo por ele inervado passa através de uma alça fibrosa, ou *tróclea*, no seu trajeto para se inserir na superfície superior do bulbo do olho.

O nervo trigêmeo (N V) [Figuras 15.21/15.25]

Função primária: Mista (sensitiva e motora); nervos oftálmico e maxilar*, sensitivos, e nervo mandibular*, misto

Origem: *Nervo oftálmico* (sensitivo): Estruturas orbitais, cavidade nasal, pele da fronte, pálpebra superior, sobrancelha e parte do nariz

Nervo maxilar (sensitivo): Pálpebra inferior, lábio, gengivas e dentes superiores; bochecha; nariz, palato e parte da faringe

Nervo mandibular (misto): Sensitivo do lábio, gengivas e dentes inferiores; palato e língua (parte); motor do núcleo motor do trigêmeo, na ponte (Figura 15.21)

* N. de R.T. Na Terminologia Anatômica, os ramos do nervo trigêmeo são denominados nervos e são também indicados pelas siglas V_1, V_2 e V_3.

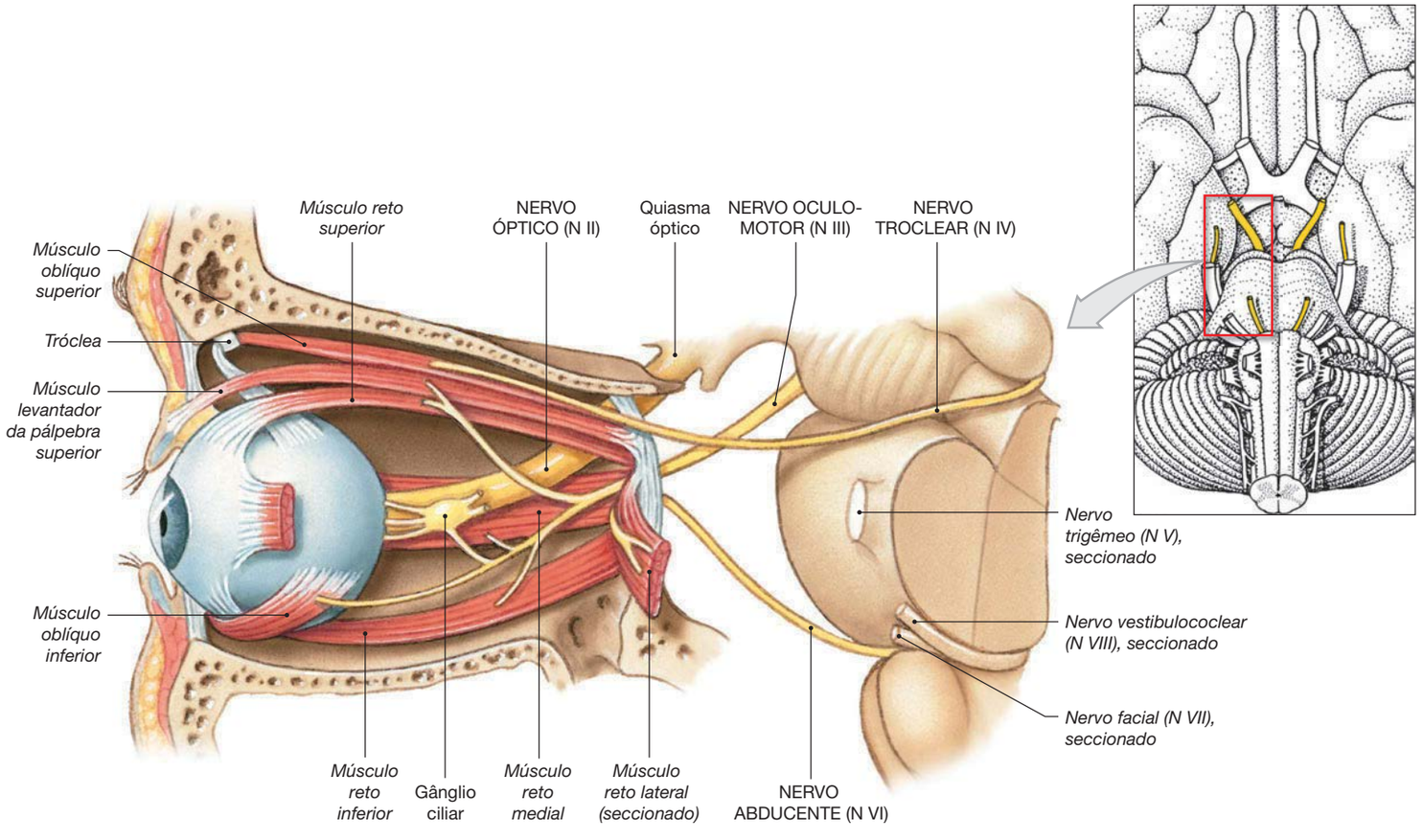


Figura 15.24 **Nervos cranianos que controlam os músculos extrínsecos do bulbo do olho.**

Forame: Nervo oftálmico, através da fissura orbital superior; nervo maxilar, através do forame redondo; nervo mandibular, através do forame oval pág. 149

Terminação: Nervos oftálmico, maxilar e mandibular (parte sensitiva) para os núcleos sensitivos na ponte; nervo mandibular (parte motora) para os músculos da mastigação pág. 268

A ponte contém núcleos associados a três nervos cranianos (N V, N VI e N VII) e contribui para o controle de um quarto (N VIII). O **nervo trigêmeo** (Figura 15.25) é o maior nervo craniano*. Este nervo misto provê informação sensitiva da cabeça e da face e controle motor dos músculos da mastigação. As raízes sensitiva (dorsal) e motora (ventral) originam-se da superfície lateral da ponte. A raiz sensitiva é a maior, e o enorme **gânglio trigeminal** (*gânglio semilunar*) contém os corpos celulares dos neurônios sensitivos. Como o nome indica, o nervo trigêmeo tem três nervos (ramos) principais; a raiz motora, relativamente menor, contribui para apenas um dos três nervos.

Nervo oftálmico (V_1). O **nervo oftálmico** do nervo trigêmeo é exclusivamente sensitivo. Inerva estruturas orbitais, cavidade nasal e seios paranasais, a pele da fronte, sobrancelhas, pálpebras e nariz. O nervo oftálmico deixa o crânio através da fissura orbital superior e, então, se ramifica no interior da órbita.

Nervo maxilar (V_2). O **nervo maxilar** do nervo trigêmeo também é exclusivamente sensitivo. Supre a pálpebra inferior, o lábio superior, a bochecha e o nariz. Estruturas sensitivas profundas da gengiva e dentes superiores, palato e partes da faringe também são inervados pelo nervo maxilar. O nervo maxilar deixa o crânio através do forame redondo, penetrando no soalho da órbita através da fissura orbital inferior. Um dos ramos principais desse nervo, o *nervo infra-orbital*, passa através do forame infra-orbital e supre as partes da face adjacentes a ele.

Nervo mandibular (V_3). O **nervo mandibular** é o maior ramo do nervo trigêmeo e leva todas as suas fibras motoras. Esse nervo deixa o crânio através do forame oval. Os componentes motores do nervo mandibular inervam os músculos da mastigação. As fibras sensitivas levam informação proprioceptiva desses músculos e suprem: (1) pele da região temporal; (2) superfície lateral, gengiva e dentes da mandíbula; (3) glândulas salivares**; e (4) partes anteriores da língua***.

Os nervos (ramos) do nervo trigêmeo estão associados aos *gânglios ciliar*, *pterigopalatino*, *submandibular* e *ótico*. Esses gânglios são autonômicos e seus neurônios inervam estruturas da face. O nervo trigêmeo não contém fibras motoras viscerais, e todas as suas fibras passam por esses gânglios sem neles fazer sinapse. Entretanto, ramos de outros nervos cranianos, como o *nervo facial*, podem se unir ao nervo trigêmeo; esses ramos podem inervar os gânglios, e suas fibras autonômicas pós-ganglionares podem, então, caminhar junto com as do nervo trigêmeo, em direção às estruturas periféricas. O gânglio ciliar foi estudado antes (pág. 420), e os outros gânglios serão discutidos, brevemente, com os ramos do *nervo facial* (N VII).

* N. de R.T. Em espessura, porque em comprimento é o nervo vago (N X).

** N. de R.T. Exceto a glândula parótida.

*** N. de R.T. Apenas a sensibilidade somática geral, mas não o sentido do paladar.

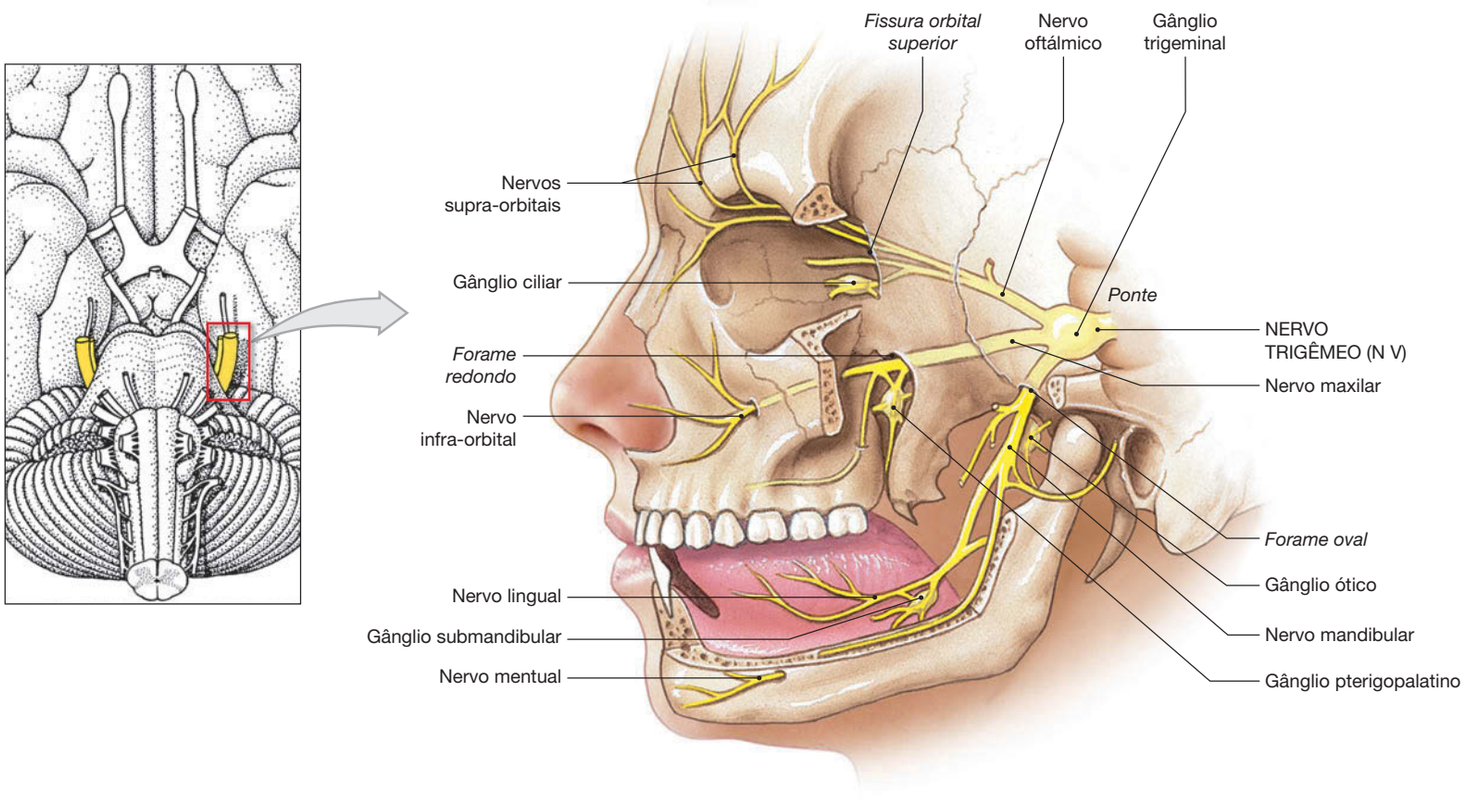


Figura 15.25 **O nervo trigêmeo.**

O nervo abducente (N VI) [Figuras 15.21/15.24]

Função primária: Motora (movimentos oculares)
Origem: Ponte
Forame: Fissura orbital superior do esfenóide pág. 149
Terminação: Músculo reto lateral pág. 267

O **nervo abducente** inerva o músculo reto lateral, o sexto músculo extrínseco do bulbo do olho. A inervação desse músculo possibilita os movimentos laterais dos olhos. O nervo emerge da superfície inferior do encéfalo, no limite entre a ponte e o bulbo (Figura 15.21). Alcança a órbita através da fissura orbital superior, em companhia dos nervos oculomotor e troclear (Figura 15.24).

Nota clínica

Tique doloroso (*tic douloureux*). O **tique doloroso** afeta 1 indivíduo em cada 25.000. Os pacientes se queixam de dor intensa, quase totalmente debilitante, desencadeada por contato com o lábio, a língua ou as gengivas. A dor surge subitamente, com intensidade cruciante e, então, desaparece. Em geral, apenas um dos lados da face é afetado. Outro nome para esta patologia é **nevralgia do trigêmeo**, porque são os nervos maxilar e mandibular do nervo trigêmeo que inervam as áreas sensitivas afetadas. Esta patologia costuma afetar indivíduos acima dos 40 anos de idade e sua causa é desconhecida. Muitas vezes, a dor pode ser temporariamente controlada por meio de terapia medicamentosa, mas intervenções cirúrgicas podem ser necessárias como solução final. O objetivo da cirurgia é a destruição dos nervos sensitivos que veiculam as sensações dolorosas. Eles podem ser destruídos por secção nervosa, um procedimento denominado **rizotomia** (*rhiza*, raiz), ou por injeção de substâncias químicas, como álcool ou fenol, dentro do nervo, no nível do forame redondo ou oval. As fibras sensitivas também podem ser destruídas pela inserção de eletrodos e cauterização dos troncos nervosos sensitivos quando eles deixam o gânglio trigeminal.

O nervo facial (N VII) [Figuras 15.21/15.26]

Função primária: Mista (sensitiva e motora)
Origem: Sensitiva, dos receptores gustativos nos dois terços anteriores da língua; motora, do núcleo motor do nervo facial na ponte
Forame: Meato acústico interno da parte petrosa do temporal, ao longo do canal do nervo facial, para atingir o forame estilomastóideo pág. 139
Terminação: *Sensitiva*, núcleos sensitivos da ponte; *motora somática*, músculos da expressão facial pág. 264; *motora visceral*, glândula lacrimal e glândulas mucosas nasais, por meio do gânglio pterigopalatino; glândulas submandibular e sublingual (salivares), por meio do gânglio submandibular

O **nervo facial** é um nervo misto. Os corpos celulares dos neurônios sensitivos se localizam no **gânglio geniculado**, e os núcleos motores, na ponte (Figura 15.21). As raízes sensitiva e motora se unem para formar um grande nervo que passa pelo meato acústico interno da parte petrosa do temporal (Figura 15.26). O nervo, então, passa através do canal do pelo canal do nervo facial, para alcançar a face, atravessando o forame estilomastóideo. pág. 139 Os neurônios sensitivos suprem os proprio-

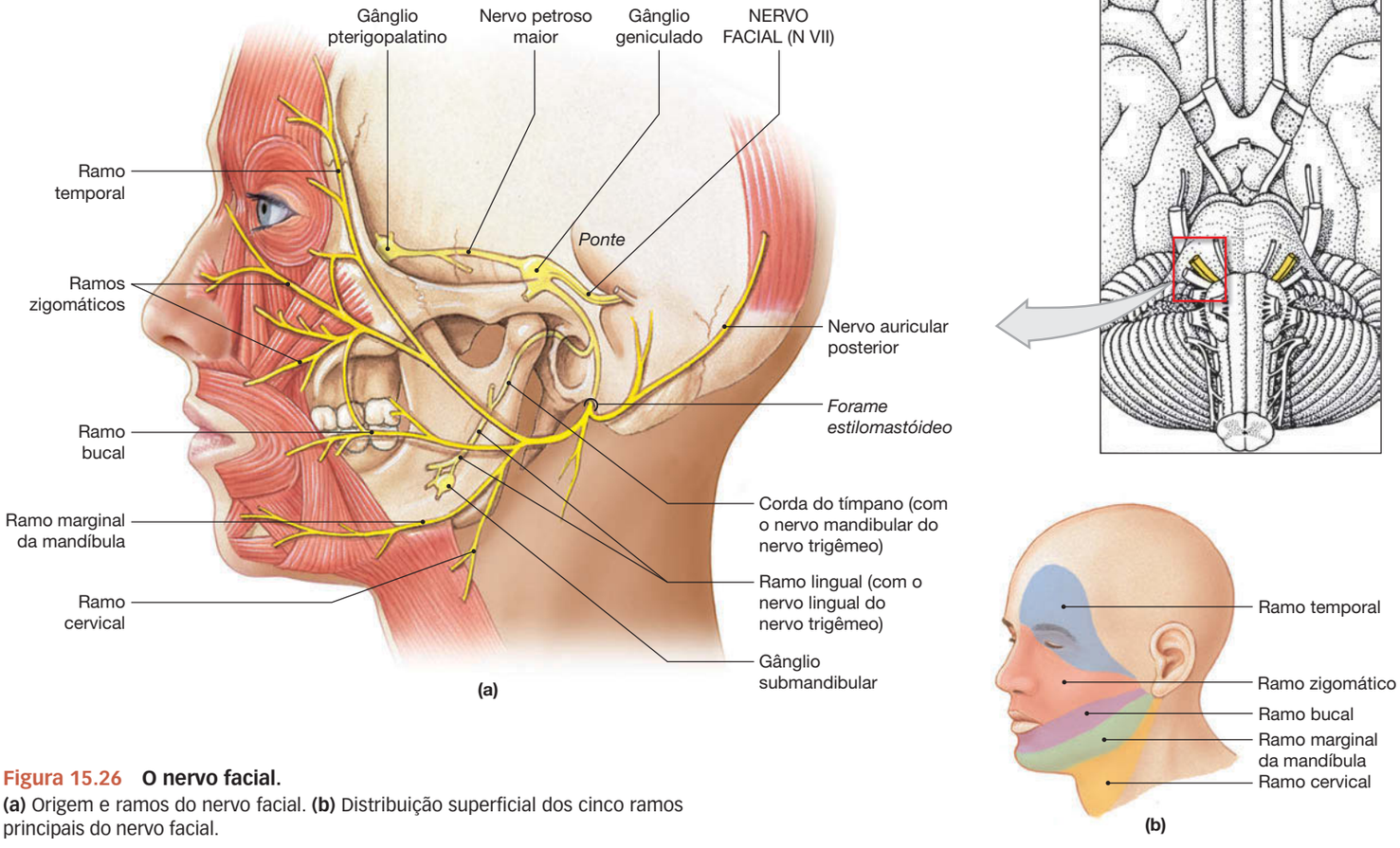


Figura 15.26 O nervo facial.
(a) Origem e ramos do nervo facial. **(b)** Distribuição superficial dos cinco ramos principais do nervo facial.

ceptores dos músculos da face, fornecem sensações de pressão profunda de toda a face e recebem informação gustativa dos receptores espalhados nos dois terços anteriores da língua. Fibras motoras somáticas controlam os músculos da face e músculos profundos, próximo à orelha.

O nervo facial leva fibras autonômicas pré-ganglionares para os gânglios pterigoplalatino e submandibular.

- **Gânglio pterigopalatino:** O *nervo petroso maior* inerva o gânglio pterigopalatino. Suas fibras pós-ganglionares inervam a glândula lacrimal e pequenas glândulas da cavidade nasal e faringe.
- **Gânglio submandibular:** Para alcançar este gânglio, fibras autonômicas deixam o nervo facial e cursam junto com o nervo mandibular do nervo trigêmeo. Suas fibras pós-ganglionares inervam as *glândulas submandibular* e *sublingual* (salivares).

Nota clínica

Paralisia de Bell A **paralisia de Bell*** resulta da inflamação do nervo facial, provavelmente relacionada à infecção viral**. O comprometimento do nervo facial pode ser inferido pelos sintomas de paralisia dos músculos da face, no lado afetado, e pela perda da sensação do paladar nos dois terços anteriores da língua. Os indivíduos não exibem deficiências sensitivas relevantes e a patologia é geralmente indolor. Em muitos casos, a paralisia de Bell "melhora sozinha" após algumas semanas ou meses, mas este processo pode ser acelerado com tratamento precoce à base de corticosteróide e drogas antivirais.

* N. de R.T. Também conhecida como paralisia facial periférica, para diferenciá-la da paralisia facial central.
** N. de R.T. Outra causa comum é a isquemia do nervo facial, causada pela exposição da face ao frio intenso (vários graus abaixo de 0ºC) por tempo prolongado, conhecida clinicamente como *paralysis a frigore*.

O nervo vestibulococlear (N VIII) [Figuras 15.21/15.27]

Função primária: Sensitiva especial: Equilíbrio estático e dinâmico (nervo vestibular) e audição (nervo coclear)

Origem: Receptores na orelha interna (vestíbulo e cóclea)

Forame: Meato acústico interno da parte petrosa do osso temporal pág. 149

Terminação: Núcleos vestibulares e cocleares da ponte e do bulbo págs. 410, 415

O **nervo vestibulococlear** é também conhecido como *nervo estatoacústico**. O termo vestibulococlear é preferível, pois indica os nomes de suas principais partes: o *nervo vestibular* e o *nervo coclear*. O nervo vestibulococlear se localiza lateralmente à origem do nervo facial, no limite entre a ponte e o bulbo (Figuras 15.21 e 15.27). Esse nervo parte dos receptores sensitivos da orelha interna, penetrando no meato acústico interno, em companhia do nervo facial. Há dois feixes distintos de fibras sensitivas no nervo vestibulococlear. O **nervo vestibular** (*vestibulum*, cavidade) é o maior dos dois feixes. Ele se origina nos receptores do vestíbulo**, a parte da orelha interna relacionada com a sensação de equilíbrio. Os neurônios sensitivos estão localizados no interior de gânglios sensitivos adjacentes, e seus axônios se dirigem aos **núcleos vestibulares** do bulbo***. Esta aferência leva informação relativa a posição, movimento e equilíbrio. O **nervo coclear** (*cochlea*, caracol) parte de receptores na cóclea, que veiculam o sentido da audição. Os neurônios se localizam no interior de um gânglio periférico, e seus axônios fazem sinapse nos **núcleos cocleares** do bulbo****. Os axônios que formam os nervos vestibular e coclear retransmitem a informação sensitiva para outros centros ou iniciam respostas motoras reflexas. O equilíbrio e a audição serão discutidos no Capítulo 18.

* N. de R.T. Denominação antiga, anterior à Nomenclatura Anatômica de Paris (1955).
** N. de R.T. Estes receptores, localizados no sáculo e utrículo (partes do vestíbulo), são para o equilíbrio estático. O nervo vestibular também se origina em receptores nos ductos semicirculares, para o equilíbrio dinâmico.
*** N. de R.T. Dois dos quatro núcleos vestibulares (superior e lateral) se localizam na ponte.
**** N. de R.T. Os núcleos cocleares se localizam na ponte.

O nervo glossofaríngeo (N IX) [Figuras 15.21/15.28]

Função primária: Mista (sensitiva e motora)

Origem: Sensitiva, do terço posterior da língua, parte da faringe e palato, artérias carótidas no pescoço; motora, dos núcleos motores do bulbo

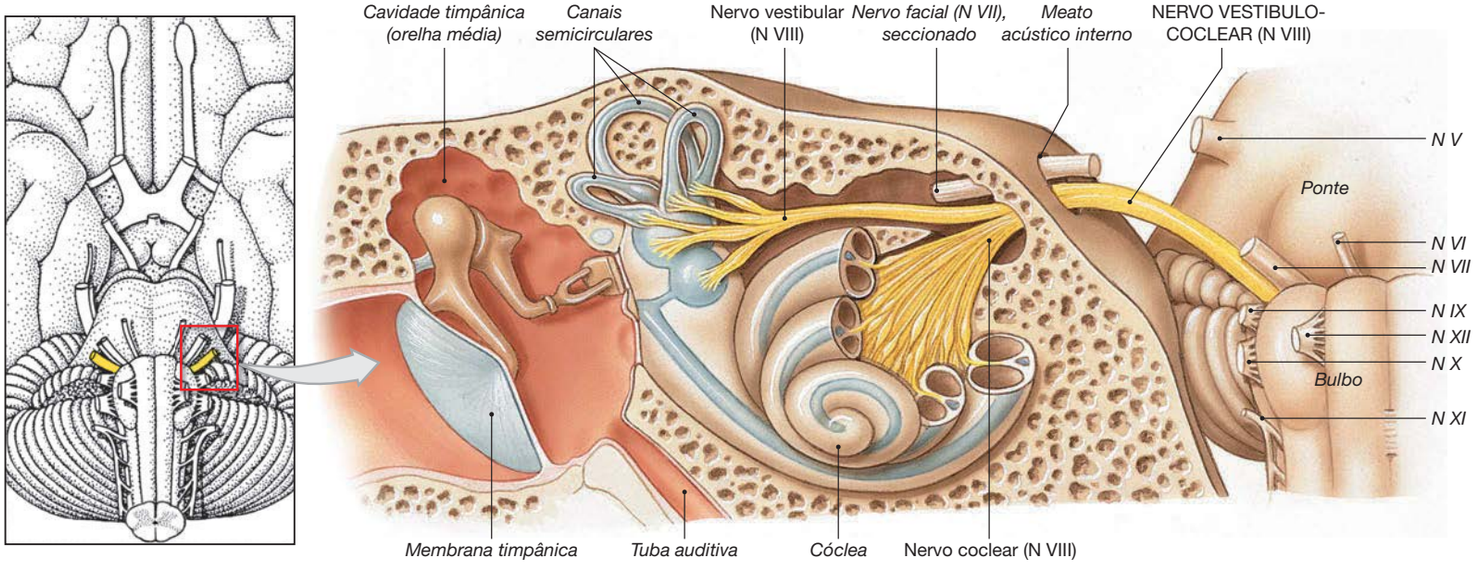


Figura 15.27 **O nervo vestibulococlear.**

Forame: Forame jugular, entre o occipital e o temporal pág. 149

Terminação: Fibras sensitivas, para os núcleos sensitivos do bulbo; *motora somática*, músculos da faringe, envolvidos na deglutição; *motora visceral*, glândula parótida (salivar), após sinapse no gânglio ótico

Além do núcleo vestibular* do N VIII, o bulbo contém núcleos sensitivos e motores para os nono, décimo, décimo primeiro e décimo segundo nervos cranianos. O **nervo glossofaríngeo** (*glossa*, língua) inerva a língua e a faringe. Ele deixa o crânio através do forame jugular, em companhia dos N X e N XI (Figuras 15.21 e 15.28).

O nervo glossofaríngeo é um nervo misto, mas suas fibras sensitivas são as mais numerosas. Os neurônios sensitivos estão localizados no **gânglio superior** (gânglio jugular) e no **gânglio inferior** (gânglio petroso[3]). As fibras aferentes levam informação sensitiva geral da mucosa da faringe e do palato mole para um núcleo no bulbo. O nervo glossofaríngeo também veicula sensações especiais (gustativas) do terço posterior da língua e possui receptores especiais que controlam a pressão arterial e as concentrações de gás dissolvido no interior dos principais vasos sangüíneos.

As fibras motoras somáticas controlam os músculos faríngeos envolvidos na deglutição. As fibras motoras viscerais fazem sinapse no *gânglio ótico*, e as fibras pós-ganglionares inervam a glândula parótida (salivar).

O nervo vago (N X) [Figuras 15.21/15.29]

Função primária: Mista (sensitiva e motora)

Origem: *Sensitiva visceral*, da faringe (parte), orelha, meato acústico externo, diafragma e vísceras nas cavidades torácica e abdominal; *motora visceral*, dos núcleos motores no bulbo

Forame: Forame jugular, entre o occipital e o temporal pág. 149

Terminação: Fibras sensitivas, para os núcleos sensitivos e centros autonômicos do bulbo; *motora somática*, para os músculos do palato mole e da faringe; *motora visceral*, para vísceras respiratórias, cardiovasculares e digestórias nas cavidades torácica e abdominal

O **nervo vago** se origina imediatamente abaixo do nervo glossofaríngeo (Figura 15.21). Numerosas radículas contribuem para a sua formação, e estudos embriológicos indicam que esse nervo provavelmente representa a fusão de vários nervos cranianos menores, que ocorreu durante nossa evolução. Como seu nome sugere (*vagus*, andarilho), o nervo vago se ramifica e se irradia extensamente. A Figura 15.29 mostra apenas seu padrão geral de distribuição.

Os neurônios sensitivos se localizam no **gânglio superior**, ou *gânglio jugular*, e no **gânglio inferior**, ou *gânglio nodoso*. O nervo vago fornece informação sensitiva somática relacionada ao meato acústico externo, parte da orelha, diafragma, e informação sensitiva especial de receptores gustativos na faringe. Mas a maioria da aferência vagal fornece informação sensitiva visceral de receptores ao longo do esôfago, vias respiratórias e vísceras abdominais, até os segmentos terminais do intestino grosso. A

* N. de R.T. São dois os núcleos vestibulares no bulbo: inferior e medial (parte).

[3] Os nomes dos gânglios associados aos N IX e N X variam, segundo a referência. O N IX tem um *gânglio superior*, também chamado de *gânglio jugular*, e um *gânglio inferior*, também chamado de *gânglio petroso*. O N X tem dois gânglios principais, um *gânglio superior*, ou *gânglio jugular*, e um *gânglio inferior*, ou *gânglio nodoso*. Superior e inferior são os nomes recomendados pela Terminologia Anatômica.

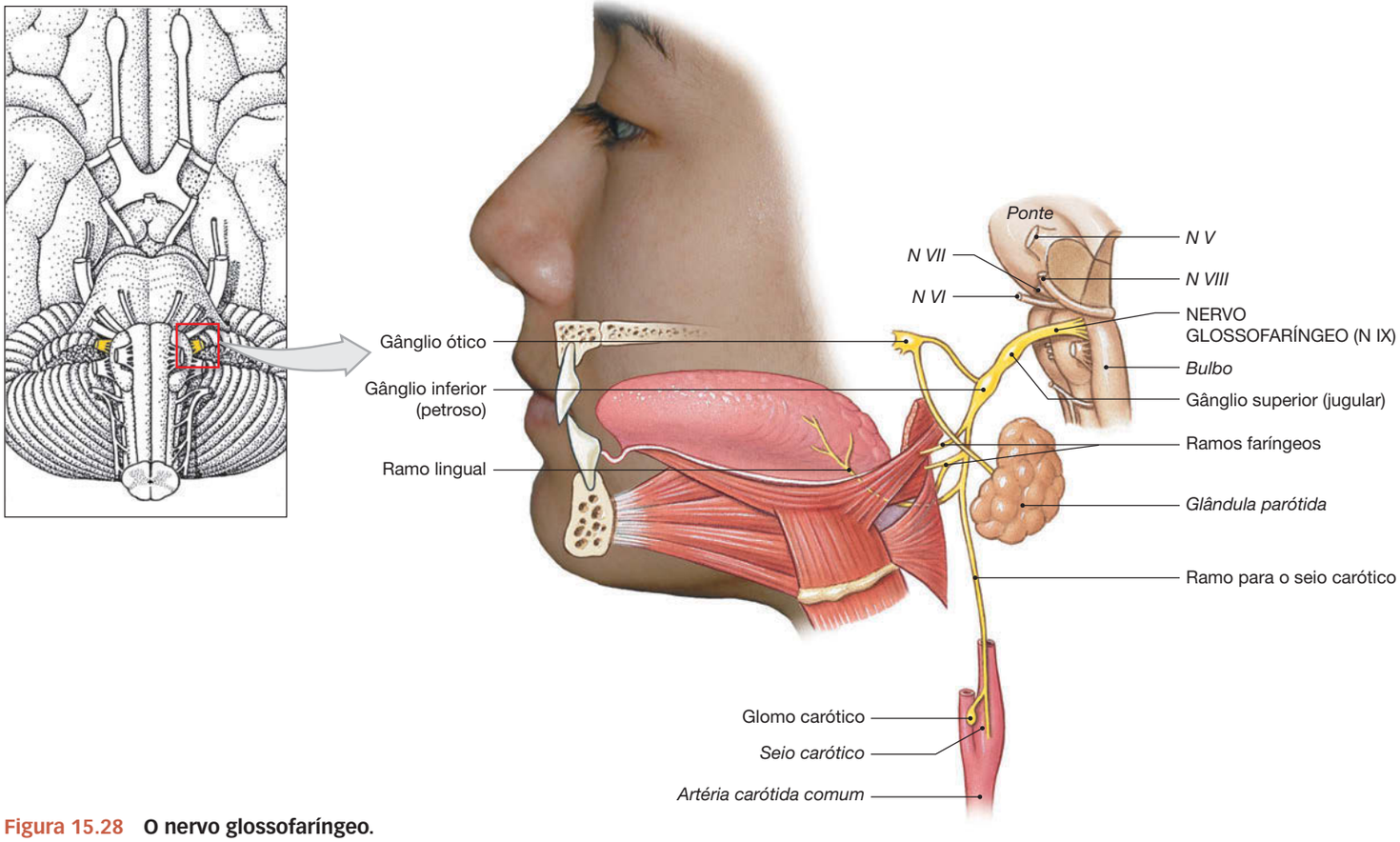


Figura 15.28 O nervo glossofaríngeo.

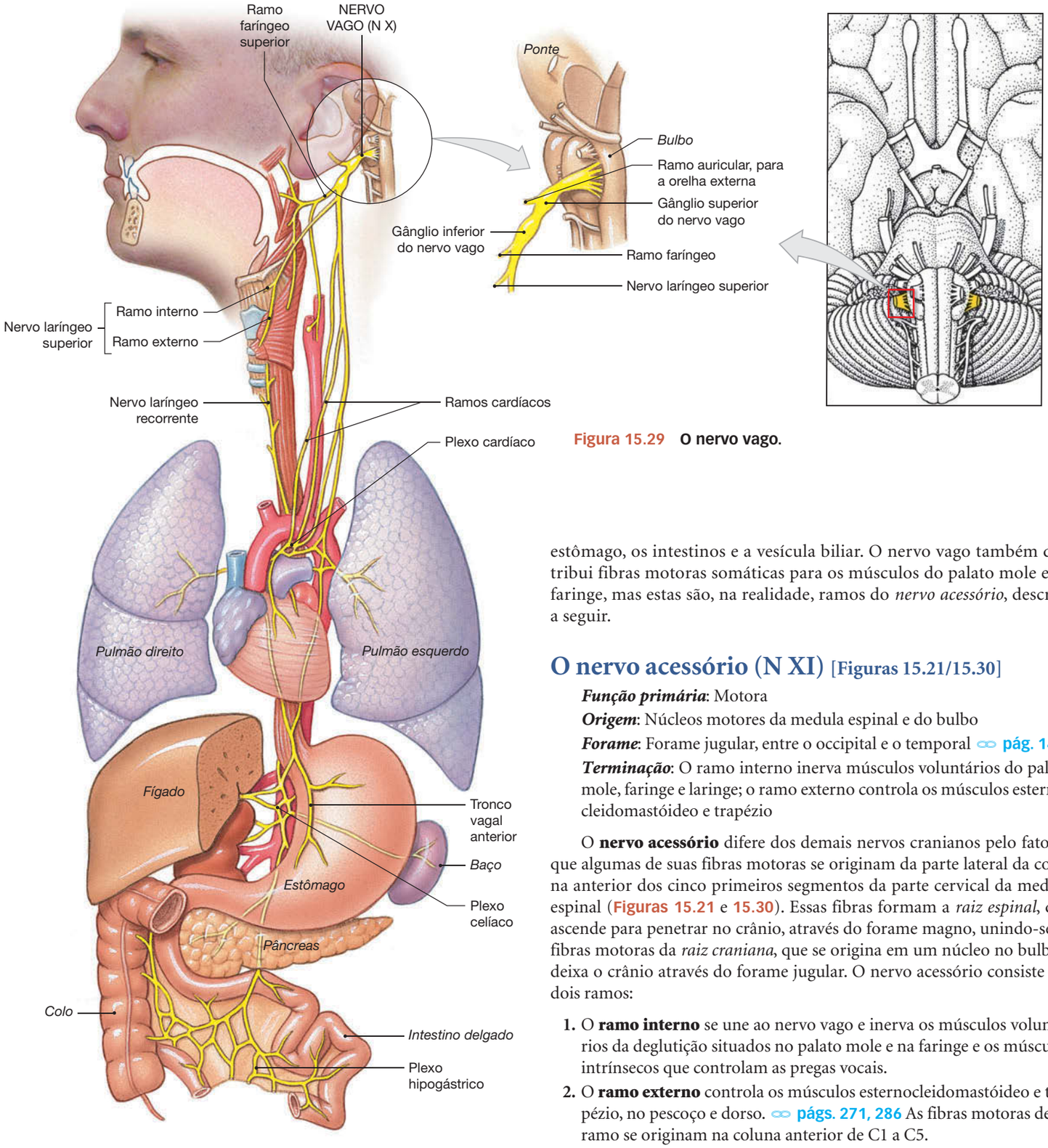


Figura 15.29 **O nervo vago.**

aferência vagal é vital para o controle autonômico da função visceral mas, devido à falha freqüente da chegada desta informação no cérebro, raramente percebemos as sensações que ela veicula.

Os componentes motores do nervo vago são igualmente diferenciados. O nervo vago leva fibras autonômicas pré-ganglionares que afetam o coração e controlam músculos lisos e glândulas nas áreas supridas por suas fibras sensitivas, incluindo as vias respiratórias, o estômago, os intestinos e a vesícula biliar. O nervo vago também distribui fibras motoras somáticas para os músculos do palato mole e da faringe, mas estas são, na realidade, ramos do *nervo acessório*, descrito a seguir.

O nervo acessório (N XI) [Figuras 15.21/15.30]

Função primária: Motora
Origem: Núcleos motores da medula espinal e do bulbo
Forame: Forame jugular, entre o occipital e o temporal ∞ pág. 149
Terminação: O ramo interno inerva músculos voluntários do palato mole, faringe e laringe; o ramo externo controla os músculos esternocleidomastóideo e trapézio

O **nervo acessório** difere dos demais nervos cranianos pelo fato de que algumas de suas fibras motoras se originam da parte lateral da coluna anterior dos cinco primeiros segmentos da parte cervical da medula espinal (**Figuras 15.21** e **15.30**). Essas fibras formam a *raiz espinal*, que ascende para penetrar no crânio, através do forame magno, unindo-se às fibras motoras da *raiz craniana*, que se origina em um núcleo no bulbo e deixa o crânio através do forame jugular. O nervo acessório consiste em dois ramos:

1. O **ramo interno** se une ao nervo vago e inerva os músculos voluntários da deglutição situados no palato mole e na faringe e os músculos intrínsecos que controlam as pregas vocais.
2. O **ramo externo** controla os músculos esternocleidomastóideo e trapézio, no pescoço e dorso. ∞ págs. 271, 286 As fibras motoras desse ramo se originam na coluna anterior de C1 a C5.

O nervo hipoglosso (N XII) [Figuras 15.21/15.30]

Função primária: Motora (movimentos da língua)
Origem: Núcleos motores do bulbo
Forame: Canal do nervo hipoglosso do occipital ∞ pág. 149
Terminação: Músculos da língua ∞ pág. 269

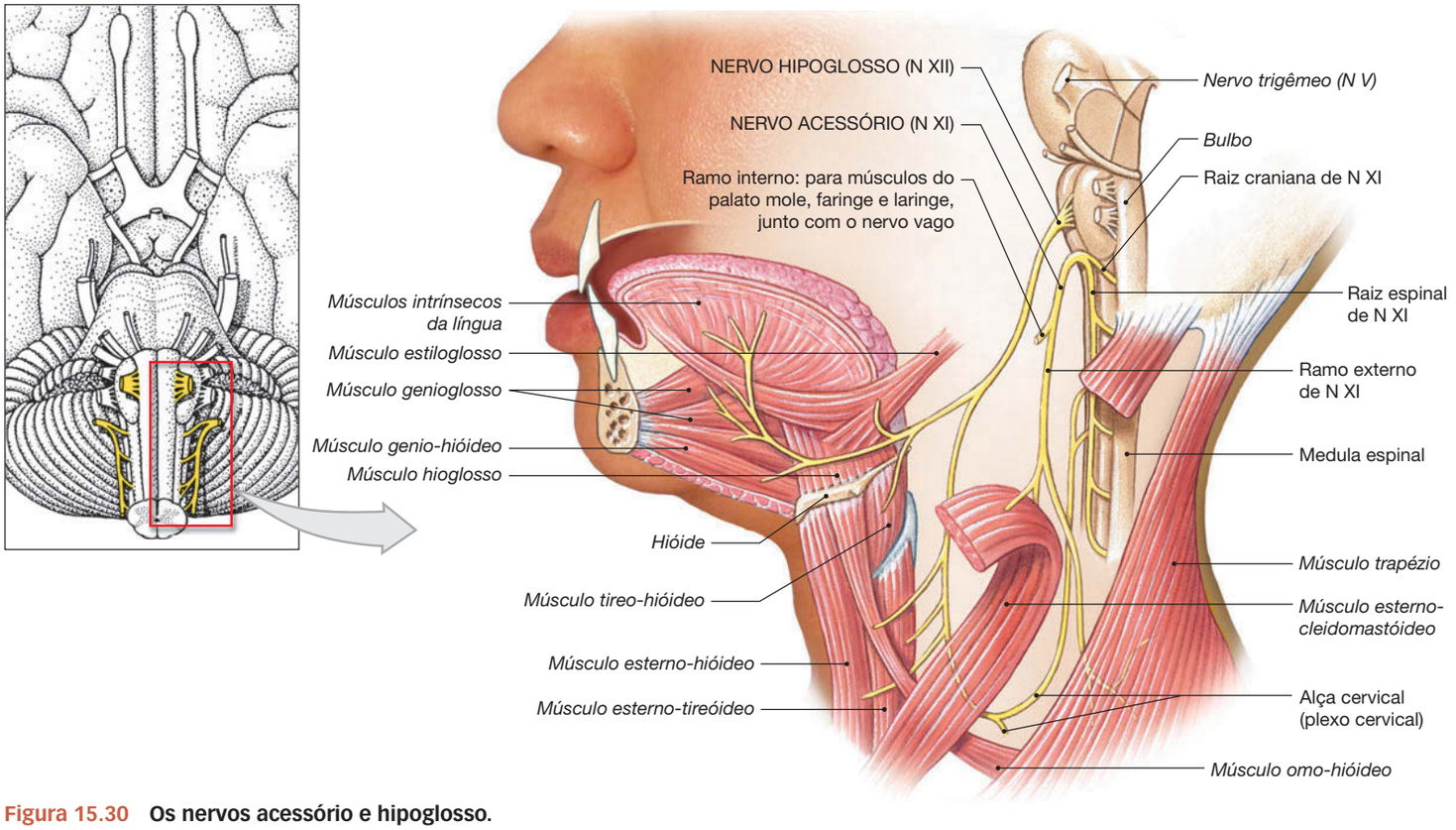


Figura 15.30 **Os nervos acessório e hipoglosso.**

O **nervo hipoglosso** deixa o crânio através do canal do nervo hipoglosso do occipital. Então, se curva inferior e anteriormente e, depois, superiormente para atingir os músculos da língua (**Figuras 15.21** e **15.30**). Esse nervo fornece controle motor voluntário para os movimentos da língua.

Resumo dos nervos cranianos (ramos e funções)

Poucas pessoas são capazes de memorizar os nomes, os números e as funções dos nervos cranianos sem dificuldade. Frases mnemônicas podem ser úteis para tal*. A mais conhecida (e freqüentemente repetida) é: "On Old Olympus Towering Top A Finn And German Viewed Some Hops"** (O A de *and* se refere a nervo auditivo, nome alternativo para N VIII, e o S de *some* se refere a nervo (e)spinal, nome alternativo para N XI). Uma frase mais moderna, "Oh, Once One Takes The Anatomy Final, Very Good

* N. de R.T. Em português, uma frase mnemônica poderia ser: "O Ogro Obeso Tinha Tanta Ânsia (de) Fabricar Vidros Grossos (que) Vendeu A Honra", correspondendo as letras iniciais de cada palavra à letra inicial do nome do nervo craniano, em seqüência.

** N. de R.T. Frases cuja tradução livre, respectivamente, pode ser "Do topo do antigo monte Olimpo, um finlandês e um alemão avistavam alguns lúpulos" e "Oh, uma vez que se faz o exame final de anatomia, férias muito boas são sagradas".

TABELA 15.13 Reflexos cranianos

Reflexo	Estímulo	Aferência	Sinapse central	Eferência	Resposta
REFLEXOS SOMÁTICOS					
Reflexo corneano	Contato com a superfície da córnea	N V (trigeminal)	Núcleos motores para o N VII (nervo facial)	N VII	Piscar de pálpebras
Reflexo timpânico	Ruído alto	N VIII (vestibulococlear)	Colículo inferior (mesencéfalo)	N VII	Movimento diminuído dos ossículos da audição
Reflexos auditivos	Ruído alto	N VIII	Núcleos motores do tronco encefálico e da medula espinal	N III, IV, VI, VII, X, nervos cervicais	Movimentos do olho e/ou da cabeça desencadeados por sons súbitos
Reflexos vestíbulo-oculares	Rotação da cabeça	N VIII	Núcleos motores controladores dos músculos extrínsecos do bulbo do olho	N III, IV, VI	Movimento oposto dos olhos para estabilizar o campo de visão
REFLEXOS VISCERAIS					
Reflexo fotomotor (direto à luz)	Incidência de luz em fotorreceptores	N II (óptico)	Colículo superior (mesencéfalo)	N III (oculomotor)	Constrição da pupila (miose) ipsilateral
Reflexo consensual à luz	Incidência de luz em fotorreceptores	N II	Colículo superior	N III	Constrição da pupila (miose) contralateral

Nota clínica

Reflexos cranianos Os **reflexos cranianos** são arcos reflexos que envolvem fibras sensitivas e motoras de nervos cranianos. Exemplos de reflexos cranianos são discutidos em capítulos subseqüentes, e esta seção fornecerá simplesmente uma revisão e introdução geral.

A Tabela 15.13 cita exemplos representativos de reflexos cranianos e suas funções. Esses reflexos são clinicamente importantes porque fornecem um método fácil e rápido de avaliar a condição dos nervos cranianos e núcleos específicos e tratos no encéfalo.

Os reflexos somáticos cranianos raramente são mais complexos do que os reflexos somáticos da medula espinal. Esta tabela inclui quatro reflexos somáticos: *reflexo corneano*, *reflexo timpânico*, *reflexo auditivo* e *reflexo vestíbulo-ocular*. Esses reflexos são freqüentemente utilizados para avaliação de lesão dos nervos cranianos ou de centros de processamento neles envolvidos. O tronco encefálico contém muitos centros reflexos que controlam a atividade motora visceral. Muitos deles se localizam no bulbo e podem comandar respostas motoras viscerais complexas a estímulos. Estes reflexos viscerais são essenciais para o controle de funções respiratórias, digestivas e cardiovasculares.

Vacations Are Heavenly**, pode ser mais fácil de recordar. Um resumo da distribuição básica e função de cada nervo craniano é encontrado na Tabela 15.12.

REVISÃO DOS CONCEITOS

1. João está tendo dificuldade para mover a língua. Seu médico lhe disse que essa dificuldade se deve à pressão sobre um nervo craniano. Qual nervo craniano está envolvido?
2. Quais sintomas você associaria à lesão do nervo abducente (N VI)?
3. Uma pancada na cabeça fez com que Júlia perdesse o equilíbrio. Qual nervo craniano e qual ramo desse nervo estão provavelmente envolvidos?
4. Bruno perdeu a capacidade de detectar sabores na ponta da língua. Qual nervo craniano está envolvido?

Veja a seção de Respostas na parte final do livro.

Resumo de embriologia

Para um resumo do desenvolvimento do encéfalo e dos nervos cranianos, consulte o Capítulo 28 (Embriologia e Desenvolvimento Humano).

TERMOS CLÍNICOS

Ataxia: Distúrbio do equilíbrio que, em casos severos, deixa o indivíduo incapaz de se manter em pé sem assistência; causado por condições que afetam o cerebelo.

Dismetria: Incapacidade de parar um movimento em uma posição precisa e determinada; freqüentemente leva a um tremor de intenção no indivíduo afetado; em geral reflete disfunção cerebelar.

Doença de Parkinson (paralisia agitante): Uma patologia caracterizada por um acentuado aumento do tono muscular, resultado da falta de inibição dos neurônios nos núcleos da base.

Espasticidade: Uma patologia caracterizada por movimentos voluntários hesitantes e espasmódicos e tono muscular aumentado.

Hemorragia epidural: Uma patologia que envolve sangramento dentro do espaço epidural.

Hemorragia subdural: Uma patologia na qual o sangue se acumula entre a dura-máter e a aracnóide-máter.

Hidrocefalia: Também conhecida como "água na cabeça" ou "cabeça d'água"; uma patologia na qual o crânio se expande para acomodar uma quantidade extra de líquido cerebrospinal.

Paralisia de Bell: Uma patologia que resulta da inflamação do nervo facial; os sintomas incluem paralisia dos músculos da face, no lado afetado, e perda da sensação do paladar nos dois terços anteriores da língua.

Tique doloroso (*tic douloureux*) ou nevralgia do trigêmeo: Uma disfunção dos nervos maxilar e mandibular do N V, caracterizada por dor intensa, quase debilitante, desencadeada pelo contato com o lábio, a língua ou as gengivas.

Traumatismo cranioencefálico: Uma lesão na cabeça, resultante de impacto violento com outro objeto. O trauma craniano pode causar **concussão**, uma patologia caracterizada por perda temporária de consciência e um período variável de amnésia.

Tremor: Vibração de base dos membros, resultado de um "cabo-de-guerra" entre grupos de músculos antagonistas.

RESUMO PARA ESTUDO

Introdução 387

1. O encéfalo é muito mais complexo do que a medula espinal; sua complexidade torna-o adaptável, porém mais lento na resposta do que os reflexos espinais.

Introdução à organização do encéfalo 387

Embriologia do encéfalo 387

1. O encéfalo forma três dilatações no pólo superior do tubo neural em desenvolvimento: **prosencéfalo**, **mesencéfalo** e **rombencéfalo**. (*ver Tabela 15.1 e Resumo de Embriologia, págs. 388, 777-778*)

Principais regiões e pontos de referência 387

2. Há seis regiões no encéfalo adulto: cérebro, diencéfalo, mesencéfalo, ponte, cerebelo e bulbo. (*ver Figura 15.1*)
3. Pensamento consciente, funções intelectuais, memória e padrões motores complexos se originam no **cérebro**. (*ver Figura 15.1*)
4. O teto do **diencéfalo** é o **epitálamo**; as paredes são os **tálamos**, que contêm centros de retransmissão e de processamento para informações sensitivas. O soalho é o **hipotálamo**, que contém centros envolvidos em emoções, função autonômica e produção hormonal. (*ver Figura 15.1*)
5. O **mesencéfalo** processa informação visual e auditiva e emite respostas motoras somáticas involuntárias. (*ver Figura 15.1*)
6. A **ponte** conecta o cerebelo ao tronco encefálico e está envolvida com o controle motor somático e visceral. O **cerebelo** regula as atividades motoras voluntárias e involuntárias com base nas informações sensitivas e memórias armazenadas. (*ver Figura 15.1*)
7. A medula espinal se conecta ao encéfalo no **bulbo**, que retransmite informação sensitiva e regula funções autonômicas. (*ver Figura 15.1*)

Organização da substância cinzenta e da substância branca 389

8. O encéfalo contém extensas áreas de **córtex nervoso**, uma camada de substância cinzenta na superfície do cérebro e do cerebelo que recobre a substância branca subjacente.

Os ventrículos encefálicos 389

9. O conduto central do encéfalo se dilata para formar câmaras chamadas de **ventrículos**. O *líquido cerebrospinal* circula continuamente dos ventrículos e canal central da medula espinal para o espaço subaracnóideo das meninges que envolvem o SNC. (*ver Figuras 15.2/15.3*)

Proteção e sustentação do encéfalo 389

As meninges encefálicas 391

1. As **meninges encefálicas – dura-máter**, **aracnóide-máter** e **pia-máter** – são contínuas com as mesmas meninges espinais, que envolvem a medula espinal. Entretanto, elas têm diferenças anatômicas e fisiológicas. (*ver Figuras 15.3/15.4*)
2. Pregas de dura-máter estabilizam a posição do encéfalo no interior da cavidade do crânio e incluem a **foice do cérebro**, o **tentório do cerebelo**, a **foice do cerebelo** e o **diafragma da sela**. (*ver Figuras 15.3/15.4*)

A barreira hemato-encefálica 391

3. A **barreira hemato-encefálica** isola o tecido nervoso da circulação sistêmica (geral).
4. A barreira hemato-encefálica permanece íntegra por todo o SNC, exceto em partes do hipotálamo, na glândula pineal e no plexo corióideo na parte membranosa do teto do diencéfalo e do bulbo.

Líquido cerebrospinal 394

5. O líquido cerebrospinal (1) amortece estruturas nervosas delicadas, (2) sustenta o encéfalo e (3) transporta nutrientes, mensageiros químicos e resíduos metabólicos.
6. O **plexo corióideo** é o local de formação do líquido cerebrospinal. (*ver Figura 15.5*)
7. O líquido cerebrospinal alcança o espaço subaracnóideo através das **aberturas laterais** e da **abertura mediana do quarto ventrículo**. A difusão, através das **granulações aracnóideas**, para o interior do **seio sagital superior** faz o líquido cerebrospinal retornar à circulação venosa. (*ver Figuras 15.4/15.6*)
8. A barreira hemato-encefálica isola o tecido nervoso da circulação sistêmica (geral).

O suprimento sangüíneo do encéfalo 395

9. O sangue arterial alcança o encéfalo por meio das *artérias carótidas internas* e das *artérias vertebrais*. O sangue venoso é drenado primariamente nas *veias jugulares internas*.

O cérebro 396

Os hemisférios cerebrais 396

1. A superfície cortical contém **giros** (cristas elevadas) separados por **sulcos** (depressões rasas) ou fendas profundas (**fissuras**). A **fissura longitudinal** separa os dois **hemisférios cerebrais**. O **sulco central** marca o limite entre o **lobo frontal** e o **lobo parietal**. Outros sulcos formam os limites do **lobo temporal** e do **lobo occipital**. (*ver Figuras 15.1/15.8/15.9*)
2. Cada hemisfério cerebral recebe informação sensitiva do e emite comandos motores para o lado oposto do corpo. Há diferenças funcionais significativas entre os dois; assim, a atribuição de uma função específica a uma determinada região do córtex cerebral é imprecisa.
3. O **córtex motor primário** do **giro pré-central** comanda movimentos voluntários. O **córtex sensitivo primário** do **giro pós-central** recebe informação sensitiva somática de receptores do tato, pressão, dor, paladar e temperatura. (*ver Figura 15.9 e Tabela 15.2*)
4. **Áreas de associação**, como a **área de associação visual** e a **área de associação motora somática** (**córtex pré-motor**), controlam nossa capacidade de entender a informação sensitiva. Centros de integração "superiores" recebem informação de várias áreas de associação diferentes e comandam atividades motoras complexas e funções analíticas. (*ver Figura 15.9 e Tabela 15.2*)

A substância branca central 400

5. A **substância branca central** contém três grupos principais de axônios: (1) **fibras de associação** (tratos que interconectam áreas do córtex nervoso dentro do mesmo hemisfério cerebral); (2) **fibras comissurais** (tratos que conectam os dois hemisférios cerebrais); e (3) **fibras de projeção** (tratos que unem o cérebro a outras regiões do encéfalo e à medula espinal). (*ver Figura 15.10 e Tabela 15.3*)

Os núcleos da base 401

6. Os **núcleos da base**, no interior da substância branca central, incluem **núcleo caudado**, **corpo amigdalóide**, **claustro**, **putame** e **globo pálido**. Os núcleos da base controlam o tono muscular, a coordenação de padrões motores aprendidos e outras atividades motoras somáticas. (*ver Figura 15.11 e Tabela 15.4*)

O sistema límbico 401

7. O **sistema límbico** inclui o **corpo amigdalóide**, o **giro do cíngulo**, o **giro dentado**, o **giro para-hipocampal**, o **hipocampo** e o **fórnice**. Os **corpos mamilares** controlam movimentos reflexos associados com a alimentação. As funções do sistema límbico envolvem os estados emocionais e impulsos comportamentais associados. (*ver Figuras 15.12/15.15 e Tabela 15.5*)
8. O **núcleo anterior** retransmite sensação visceral, e a estimulação da **formação reticular** aumenta a percepção e produz excitação generalizada.

O diencéfalo 405

1. O diencéfalo possui os centros de comutação e retransmissão necessários para a integração das vias sensitivas e motoras. (*ver Figuras 15.12/15.15*)

O epitálamo 405

2. O epitálamo forma o teto do diencéfalo. Contém uma estrutura que secreta hormônio, a *glândula pineal*.

O tálamo 405

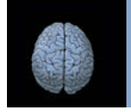
3. O tálamo é o principal e também o último local de retransmissão para a informação sensitiva ascendente e coordena as atividades motoras somáticas involuntárias. (*ver Figuras 15.11b/15.12/15.13/15.15b e Tabela 15.6*)

O hipotálamo 406

4. O hipotálamo contém importantes centros de controle e de integração. Pode (1) controlar as atividades motoras somáticas involuntárias; (2) controlar a função autonômica; (3) coordenar as atividades dos sistemas nervoso e endócrino; (4) secretar hormônios; (5) produzir impulsos emocionais e comportamentais; (6) coordenar funções autonômicas e voluntárias; (7) regular a temperatura corporal; e (8) controlar o ritmo circadiano de atividade. (*ver Figuras 15.12/15.13/15.14/15.15a e Tabela 15.7*)

O mesencéfalo 410

1. A **lâmina do teto do mesencéfalo** contém dois pares de núcleos, os **colículos**. De cada lado, o **colículo superior** recebe aferência visual do tálamo e o **colículo inferior** recebe aferência auditiva do bulbo. O **núcleo rubro** integra informação do cérebro e emite comandos motores involuntários relacionados ao tono muscular e à posição dos membros. A **substância negra** regula a eferência motora dos núcleos da base. Os **pedúnculos cerebrais** contêm fibras ascendentes direcionadas aos núcleos do tálamo e fibras descendentes da via piramidal (corticospinal) que levam comandos motores voluntários do córtex motor primário de cada hemisfério cerebral. (*ver Figuras 15.15/15.16/15.17b e Tabela 15.8*)



A ponte 410

1. A ponte contém: (1) núcleos sensitivos e motores para quatro nervos cranianos; (2) núcleos relacionados com o controle involuntário da respiração; (3) núcleos que processam e retransmitem comandos cerebelares que chegam pelos pedúnculos cerebelares médios; e (4) tratos ascendentes, descendentes e transversos. (*ver Figuras 15.1/15.15/15.16/15.18 e Tabela 15.9*)

O cerebelo 412

1. O cerebelo supervisiona os músculos posturais do corpo e programa e refina os movimentos voluntários e involuntários. Os **hemisférios cerebelares** consistem no córtex nervoso formado por pregas, as **folhas do cerebelo**. A superfície pode ser dividida em **lobos anterior** e **posterior**, **verme** e **lóbulo flóculo-nodular**. (*ver Figuras 15.1/15.8/15.9/15.15/15.19 e Tabela 15.10*)

O bulbo 414

1. O bulbo conecta o encéfalo à medula espinal. Contém o **núcleo grácil** e o **núcleo cuneiforme**, que são centros de processamento, e os **núcleos do complexo olivar inferior**, que retransmitem informação da medula espinal, córtex cerebral e tronco encefálico para o córtex cerebelar. Seus **centros reflexos**, incluindo os **centros cardiovasculares** e os **centros rítmicos respiratórios**, controlam ou ajustam as atividades dos sistemas periféricos. (*ver Figuras 15.1/15.8/15.15/15.16/15.18 e Tabela 15.11*)

Os nervos cranianos 416

1. Há doze pares de nervos cranianos. Cada nervo está ligado ao encéfalo, próximo aos núcleos sensitivos ou motores a ele associados, na superfície ventrolateral do encéfalo. (*ver Figura 15.21*)

O nervo olfatório (N I) 418

2. O **trato olfatório** (nervo) (N I) leva informação sensitiva responsável pelo sentido do olfato. As fibras olfatórias aferentes fazem sinapse no interior do **bulbo olfatório**. (*ver Figura 15.22*)

O nervo óptico (N II) 418

3. O **nervo óptico** (N II) leva informação visual de receptores sensitivos especiais dos olhos. (*ver Figura 15.23*)

O nervo oculomotor (N III) 420

4. O **nervo oculomotor** (N III) é a fonte primária de inervação dos músculos extrínsecos que movem o bulbo do olho. (*ver Figura 15.24*)

O nervo troclear (N IV) 420

5. O **nervo troclear** (N IV), o menor dos nervos cranianos, inerva o músculo oblíquo superior do bulbo do olho. (*ver Figura 15.24*)

O nervo trigêmeo (N V) 420

6. O **nervo trigêmeo** (N V), o maior dos nervos cranianos, é um nervo misto, com os **nervos oftálmico**, **maxilar** e **mandibular**. (*ver Figura 15.25*)

O nervo abducente (N VI) 422

7. O **nervo abducente** (N VI) inerva o sexto músculo extrínseco do bulbo do olho, o músculo reto lateral. (*ver Figura 15.24*)

O nervo facial (N VII) 422

8. O **nervo facial** (N VII) é um nervo misto que controla os músculos da face. Fornece sensações profundas de toda a face e recebe informação gustativa da língua. (*ver Figura 15.26*)

O nervo vestibulococlear (N VIII) 423

9. O **nervo vestibulococlear** (N VIII) contém o **nervo vestibular**, que regula as sensações de equilíbrio, posição e movimentação, e o **nervo coclear**, que regula os receptores da audição. (*ver Figura 15.27*)

O nervo glossofaríngeo (N IX) 423

10. O **nervo glossofaríngeo** (N IX) é um nervo misto que inerva a língua e a faringe e controla o ato da deglutição. (*ver Figura 15.28*)

O nervo vago (N X) 424

11. O **nervo vago** (N X) é um nervo misto vital para o controle autonômico da função visceral e tem uma diversidade de componentes motores. (*ver Figura 15.29*)

O nervo acessório (N XI) 425

12. O **nervo acessório** (N XI) tem um **ramo interno**, que inerva os músculos voluntários do palato mole e da faringe associados à deglutição, e um **ramo externo**, que controla os músculos relacionados com o cíngulo do membro superior. (*ver Figura 15.30*)

O nervo hipoglosso (N XII) 425

13. O **nervo hipoglosso** (N XII) fornece controle motor voluntário para os movimentos da língua. (*ver Figura 15.30*)

Resumo dos nervos cranianos (ramos e funções) 426

14. Os ramos e as funções dos nervos cranianos estão resumidos na Tabela 15.12.

REVISÃO DO CAPÍTULO

Para respostas às questões da Revisão dos Conceitos e Revisão do Capítulo, veja a seção de Respostas na parte final do livro.

Nível 1 – Revisão de fatos e termos

Associe cada item numerado com a letra do item que melhor se relaciona. Utilize letras para as respostas nos espaços apropriados.

Coluna A	Coluna B
___ 1. mesencéfalo	a. córtex visual
___ 2. mielencéfalo	b. padrões motores aprendidos
___ 3. tentório do cerebelo	c. cérebro médio
___ 4. nervo abducente	d. motor, movimentos da língua
___ 5. diencéfalo	e. terceiro ventrículo
___ 6. lobo occipital	f. motor, movimentos dos olhos
___ 7. nervo hipoglosso	g. retransmite informação sensitiva
___ 8. núcleos da base	h. bulbo
___ 9. tálamo	i. células de Purkinje
___ 10. cerebelo	j. separa cérebro/cerebelo

11. Em contraste com aquelas do encéfalo, as respostas dos reflexos espinais:
    (a) são refinadas
    (b) são imediatas
    (c) demandam muitos estádios de processamento
    (d) são estereotipadas

12. A ligação primária entre os sistemas nervoso e endócrino é:
    (a) o hipotálamo (b) a ponte
    (c) o mesencéfalo (d) o bulbo

13. Os vasos sangüíneos cranianos passam pelo espaço diretamente abaixo:
    (a) da dura-máter (b) da pia-máter
    (c) das granulações aracnóideas (d) da aracnóide-máter
14. O único nervo craniano que está ligado ao cérebro é o:
    (a) óptico (b) oculomotor
    (c) troclear (d) olfatório
15. Os núcleos anteriores do tálamo:
    (a) fazem parte do sistema límbico
    (b) estão conectados à hipófise
    (c) produzem o hormônio melatonina
    (d) recebem impulsos do nervo óptico
16. O córtex inferior ao sulco lateral é o:
    (a) lobo parietal (b) lobo temporal
    (c) lobo frontal (d) lobo occipital
17. No interior de cada hemisfério, inferiormente ao soalho dos ventrículos laterais, estão:
    (a) as comissuras anteriores (b) as áreas de associação motora
    (c) o córtex auditivo (d) os núcleos da base
18. Feixes de fibras nervosas na superfície ventrolateral do mesencéfalo são:
    (a) os tegmentos (b) os colículos
    (c) os pedúnculos cerebrais (d) o colículo superior
19. Tratos eferentes do hipotálamo:
    (a) controlam atividades motoras involuntárias
    (b) controlam a função autonômica
    (c) coordenam atividades dos sistemas nervoso e endócrino
    (d) todas as anteriores
20. Os componentes diencefálicos do sistema límbico incluem o:
    (a) lobo límbico e hipocampo
    (b) fórnice
    (c) corpo amigdalóide e giro para-hipocampal
    (d) tálamo e hipotálamo

Nível 2 – Revisão de conceitos

1. A dilatação da veia jugular, quando esta deixa o crânio, pode comprimir qual dos seguintes nervos cranianos?
    (a) N I, IV, V (b) N IX, X, XI
    (c) N II, IV, VI (d) N VIII, IX, XII
2. A dismetria freqüentemente indica lesão de qual região do encéfalo?
    (a) cerebelo (b) lobo frontal do cérebro
    (c) ponte (d) bulbo
3. Se lesada ou doente, qual parte do encéfalo tornaria uma pessoa incapaz de controlar e regular a freqüência dos movimentos respiratórios?
    (a) o centro pneumotáxico da ponte
    (b) o centro rítmico respiratório do bulbo
    (c) o complexo olivar inferior do bulbo
    (d) os pedúnculos cerebrais do mesencéfalo
4. Qual lobo e qual área específica do cérebro estariam afetados se alguém não fosse mais capaz de recortar desenhos de uma folha de papel?
5. Os impulsos dos proprioceptores devem passar através de núcleos específicos antes de terminarem no encéfalo. Quais são os núcleos e qual é a terminação desta informação?
6. Quais núcleos estão envolvidos no movimento coordenado da cabeça na direção de um som alto?
7. Quais nervos cranianos são responsáveis por todos os aspectos da função ocular?
8. Se uma pessoa tem pouco controle emocional e dificuldade de se lembrar de fatos passados, qual área do encéfalo poderia estar prejudicada ou apresentar uma lesão?
9. Qual região do encéfalo fornece ligações entre os hemisférios do cerebelo e o mesencéfalo, o diencéfalo, o cérebro e a medula espinal?
10. Por que a barreira hemato-encefálica é menos íntegra no hipotálamo?

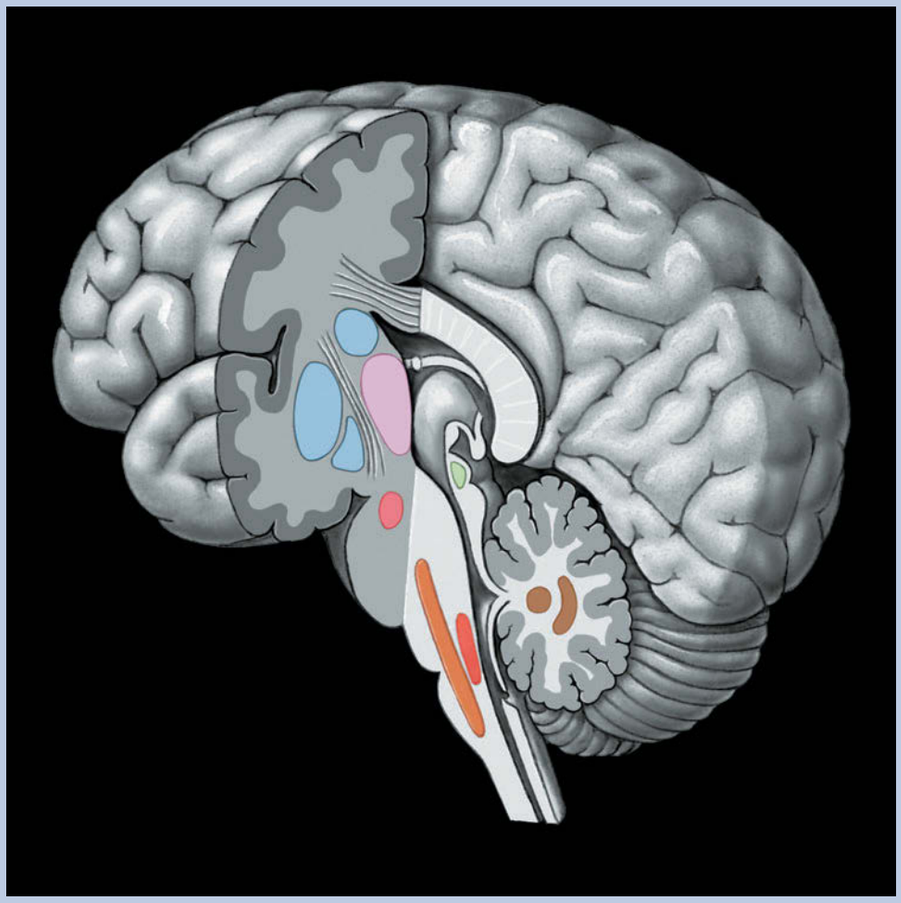
Nível 3 – Pensamento crítico

1. Logo após o nascimento, a cabeça de um bebê começa a aumentar rapidamente. O que está ocorrendo e por quê? Há uma explicação clínica e uma solução para este problema?
2. Rosa acordou certa manhã e descobriu que sua face estava paralisada no lado esquerdo e que ela não sentia sabor nos dois terços anteriores da língua, no mesmo lado. Qual é a causa destes sintomas e o que pode ser feito para ajudá-la nesta situação?
3. Se uma pessoa que sofreu um traumatismo cranioencefálico desmaia vários dias após o acidente, o que você suspeitaria que fosse a causa do problema e quão sério ele poderia ser?

16

O Sistema Nervoso

Vias e Funções Superiores



Introdução 432

Vias sensitivas e motoras 432

Funções superiores 442

Envelhecimento e sistema nervoso 446

OBJETIVOS DO CAPÍTULO:

1. Descrever as funções dos neurônios de primeira, segunda e terceira ordem.
2. Identificar e descrever as principais vias sensitivas.
3. Identificar e descrever os sistemas corticospinal, medial e lateral.
4. Descrever as estruturas anatômicas que permitem a distinção entre sensações que se originam de diferentes áreas do corpo.
5. Identificar os centros no encéfalo que interagem na determinação da eferência motora somática.
6. Identificar e descrever as áreas de integração do córtex cerebral e descrever suas funções gerais.
7. Descrever as diferenças funcionais significativas entre os hemisférios cerebrais direito e esquerdo.
8. Identificar e descrever as regiões e estruturas do encéfalo envolvidas no sistema de armazenamento e recuperação (lembrança) da memória.
9. Explicar a estrutura do sistema ativador reticular ascendente e como ele mantém a consciência.
10. Resumir os efeitos do envelhecimento sobre o sistema nervoso.

Há um ditado popular que diz: "Cidades grandes nunca dormem". De fato, em grandes cidades como Chicago e Los Angeles, nos Estados Unidos, ou como São Paulo e Rio de Janeiro, no Brasil, grandes redes de comércio permanecem abertas 24 horas por dia, serviços de entrega são feitos, as pessoas estão nas ruas e o tráfego é movimentado mesmo de madrugada. O sistema nervoso central é muito mais complexo e muito mais ativo do que qualquer cidade do mundo. Existe um fluxo contínuo de informações entre o encéfalo, a medula espinal e os nervos periféricos. A qualquer momento, milhões de neurônios sensitivos estão em atividade, conduzindo informações aos centros de processamento no SNC, e milhões de neurônios motores estão controlando ou ajustando as atividades de efetuadores periféricos. Este processo é contínuo, quer estejamos acordados ou dormindo. Sua mente consciente pode estar adormecida profundamente, porém muitos centros no tronco encefálico estão ativos ao longo de nossas vidas, desempenhando funções autonômicas vitais em nível subconsciente.

Muitas formas sutis de interação, retroalimentação (*feedback*) e regulação ligam os centros superiores com os vários componentes do tronco encefálico. Poucas são conhecidas com algum detalhe. Este capítulo concentra-se na constituição anatômica que permite que as estruturas neurais realizem operações sensitivas e motoras e também desempenhem funções cerebrais superiores, como aprendizado e memória.

Vias sensitivas e motoras

A comunicação entre o SNC, o SNP e os órgãos e sistemas periféricos envolve vias que transmitem informação sensitiva e motora entre a periferia e os centros superiores do encéfalo. Cada via ascendente (sensitiva) ou descendente (motora) consiste em cadeias de tratos e núcleos associados. O processamento geralmente ocorre em vários pontos ao longo de uma via, onde houver sinapses que transmitam sinais de um neurônio para outro. O número de sinapses varia de uma via para outra. Por exemplo, uma via sensitiva que termina no córtex cerebral envolve três neurônios, enquanto uma via sensitiva que termina no cerebelo envolve dois neurônios. Concentraremos nossa atenção nas vias que envolvem os principais tratos sensitivos e motores da medula espinal. Em geral, (1) esses tratos são pares (bilaterais e simétricos ao longo da medula espinal) e (2) os axônios no interior de cada trato são agrupados de acordo com a região do corpo inervada. Todos os tratos envolvem o encéfalo e a medula espinal, e o nome de um trato freqüentemente indica sua origem e destino. Nomes iniciados pelo prefixo *espino* indicam tratos que *partem* da medula espinal e *terminam* no encéfalo; devem, portanto, transportar informações sensitivas. O sufixo do nome indica um núcleo principal ou a região do encéfalo próxima à terminação da via. Por exemplo, o *trato espinocerebelar* tem origem na medula espinal e termina no cerebelo. Nomes com o sufixo *espinal* indicam tratos que *partem* do encéfalo e *terminam* na medula espinal, conduzindo comandos motores. Uma vez mais, o início do nome geralmente indica a origem do trato. Por exemplo, *o trato vestibulospinal* tem origem no núcleo vestibular e termina na medula espinal.

Vias sensitivas [Figuras 16.1/16.2 e Tabela 16.1]

Receptores sensitivos monitoram condições no interior do corpo e no meio externo. Quando estimulado, um receptor transmite informação ao sistema nervoso central. Essa informação, denominada **sensação**, chega sob a forma de potenciais de ação em uma fibra aferente (sensitiva). A complexidade da resposta a um determinado estímulo depende, em parte, do local onde o processamento ocorre e do local onde a resposta motora é iniciada. Por exemplo, o processamento na medula espinal pode produzir uma resposta motora muito rápida e estereotipada, como um reflexo de estiramento. pág. 382 Contudo, o processamento de uma informação sensitiva no interior do tronco encefálico pode resultar em atividades motoras mais complexas, como mudanças coordenadas na posição dos olhos, da cabeça, do pescoço ou do tronco. A maior parte do processamento da informação sensitiva ocorre na medula espinal, no tálamo, ou no tronco encefálico; apenas cerca de 1% da informação fornecida pelas fibras aferentes atinge o córtex cerebral e o nível da consciência. Contudo, a informação que chega à área sensitiva do córtex cerebral está organizada de tal modo a permitir a determinação da origem e da natureza do estímulo com grande precisão. O Capítulo 17 descreve a distribuição das informações sensitivas viscerais e considera as respostas reflexas às sensações viscerais. O Capítulo 18 examina as origens das sensações e as vias envolvidas na transmissão de informações sensitivas especiais, como o olfato ou a visão, até os centros de processamento conscientes e subconscientes no encéfalo.

Descreveremos três vias sensitivas que transmitem informação sensitiva somática ao córtex dos hemisférios cerebrais ou cerebelares. Essas vias envolvem uma cadeia neuronal.

- Um **neurônio de primeira ordem** é um neurônio sensitivo que transmite as sensações ao SNC; seu corpo celular situa-se em um gânglio sensitivo de nervo espinal ou em um gânglio sensitivo de nervo craniano.
- Um **neurônio de segunda ordem** é um interneurônio com o qual o axônio do neurônio de primeira ordem faz sinapse. O corpo celular do neurônio de segunda ordem pode estar localizado na medula espinal ou no tronco encefálico.
- Nas vias que terminam no córtex cerebral, o neurônio de segunda ordem faz sinapse com o **neurônio de terceira ordem** no tálamo. O axônio do neurônio de terceira ordem conduz a informação sensitiva desde o tálamo até a área sensitiva apropriada no córtex cerebral.

Na maioria dos casos, os axônios dos neurônios de primeira ou de segunda ordem cruzam para o lado oposto da medula espinal ou do tronco encefálico conforme ascendem. Como resultado desse cruzamento, ou *decussação*, a informação sensitiva advinda do lado esquerdo do corpo é transmitida para o lado direito do encéfalo, e vice-versa. O significado funcional ou evolutivo dessa decussação é desconhecido. Em duas das vias sensitivas (*o sistema do funículo posterior e o sistema ântero-lateral*, os axônios dos neurônios de terceira ordem ascendem no interior da cápsula interna para fazer sinapse com neurônios do córtex sensitivo primário do hemisfério cerebral. Como a decussação ocorre no nível dos neurônios de primeira ou de segunda ordem, o hemisfério cerebral direito recebe informação sensitiva advinda do lado esquerdo do corpo, e vice-versa.

A Tabela 16.1 identifica e resume as três principais vias sensitivas somáticas, também denominadas *vias somatossensoriais*: (1) *o sistema do funículo posterior,* (2) *o sistema ântero-lateral* e (3) *a via espinocerebelar.* A **Figura 16.1** indica suas posições relativas na medula espinal. Para maior clareza, a figura relacionada aos tratos espinais (**Figura 16.2**) mostra como as sensações originadas em um lado do corpo são transmitidas ao córtex cerebral; tenha em mente, contudo, que essas vias estão presentes em *ambos* os lados do corpo.

Sistema do funículo posterior [Figura 16.2a]

O **sistema do funículo posterior,** ou *sistema lemniscal medial* (**Figura 16.2a**), conduz informações bem localizadas a partir da pele e do sistema musculoesquelético com respeito à propriocepção (percepção da posição do próprio corpo) e às sensações de tato epicrítico, pressão e vibração. Esta via também transmite informações a respeito do tipo de estímulo, do local exato da estimulação e do tempo de início e término do estímulo. Assim, essa via oferece informações sobre "o que", "quando" e "onde" ocorrem essas sensações.

Os axônios dos neurônios de primeira ordem atingem o SNC através das raízes posteriores dos nervos espinais e raízes sensitivas dos nervos cranianos. Os axônios das raízes posteriores da medula espinal ascendem no interior do **fascículo grácil** ou do **fascículo cuneiforme** e fazem sinapse no núcleo grácil ou núcleo cuneiforme, no bulbo. Os neurônios de

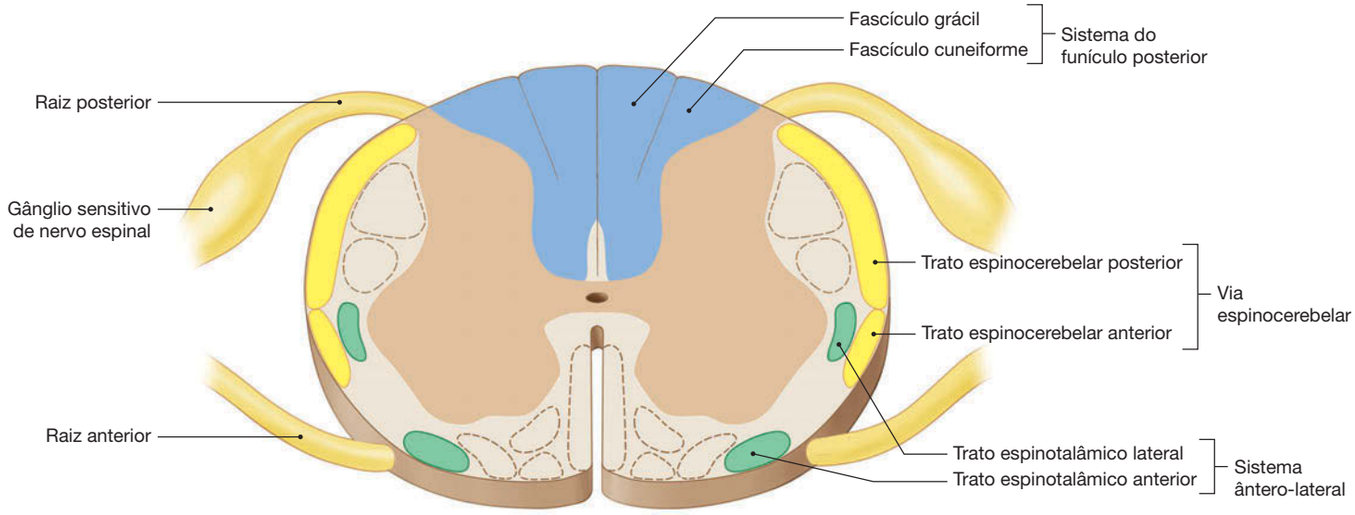


Figura 16.1 Vias ascendentes (sensitivas) e tratos na medula espinal.
Vista de corte transversal indicando as localizações dos principais tratos ascendentes (sensitivos) na medula espinal. Para informações a respeito desses tratos, ver *Tabela 16.1*. Os tratos descendentes (motores) são representados no desenho pelas linhas tracejadas; esses tratos são identificados na *Figura 16.4*.

TABELA 16.1 Principais vias ascendentes (sensitivas) e a informação sensitiva conduzida

		Localização dos corpos celulares neuronais				
Via/trato	**Sensações**	**Primeira ordem**	**Segunda ordem**	**Terceira ordem**	**Destinação final**	**Local de cruzamento**
SISTEMA DO FUNÍCULO POSTERIOR						
Fascículo grácil	Propriocepção, tato epicrítico, pressão e vibração na metade inferior do corpo	Gânglios sensitivos de nervos espinais da metade inferior do corpo; axônios entram no SNC pelas raízes posteriores e ascendem no interior do fascículo grácil	Núcleo grácil do bulbo; axônios decussam antes de entrar no lemnisco medial	Núcleo ventral póstero-lateral do tálamo	Córtex sensitivo primário contralateral ao estímulo	Axônios de neurônios de segunda ordem, antes de se unirem ao lemnisco medial
Fascículo cuneiforme	Propriocepção, tato epicrítico, pressão e vibração na metade superior do corpo	Gânglios sensitivos de nervos espinais da metade superior do corpo; axônios entram no SNC pelas raízes posteriores e ascendem no interior do fascículo cuneiforme	Núcleo cuneiforme do bulbo; axônios decussam antes de entrar no lemnisco medial	Núcleo ventral póstero-lateral do tálamo	Idem ao anterior	Idem ao anterior
SISTEMA ÂNTERO-LATERAL						
Trato espinotalâmico lateral	Sensações de dor e temperatura	Gânglios sensitivos de nervos espinais; axônios entram no SNC pelas raízes posteriores e entram na coluna posterior	Na coluna posterior; axônios entram no trato espinotalâmico lateral	Núcleo ventral póstero-lateral do tálamo	Córtex sensitivo primário contralateral ao estímulo	Axônios de neurônios de segunda ordem, no nível de entrada
Trato espinotalâmico anterior	Sensações de tato protopático e pressão	Idem ao anterior	Na coluna posterior; axônios entram no trato espinotalâmico anterior do lado oposto	Idem ao anterior	Idem ao anterior	Idem ao anterior
VIA ESPINOCEREBELAR						
Trato espinocerebelar posterior	Propriocepção	Gânglios sensitivos de nervos espinais; axônios entram no SNC pelas raízes posteriores	Na coluna posterior; axônios entram no trato espinocerebelar posterior do mesmo lado	Ausente	Córtex cerebelar do mesmo lado do estímulo	Nenhum
Trato espinocerebelar anterior	Propriocepção	Idem ao anterior	No mesmo segmento medular; axônios entram no trato espinocerebelar anterior do mesmo lado ou do lado oposto	Ausente	Córtex cerebelar, principalmente do mesmo lado do estímulo	Axônios da maioria dos neurônios de segunda ordem decussam antes de entrar no trato e decussam novamente no interior do cerebelo

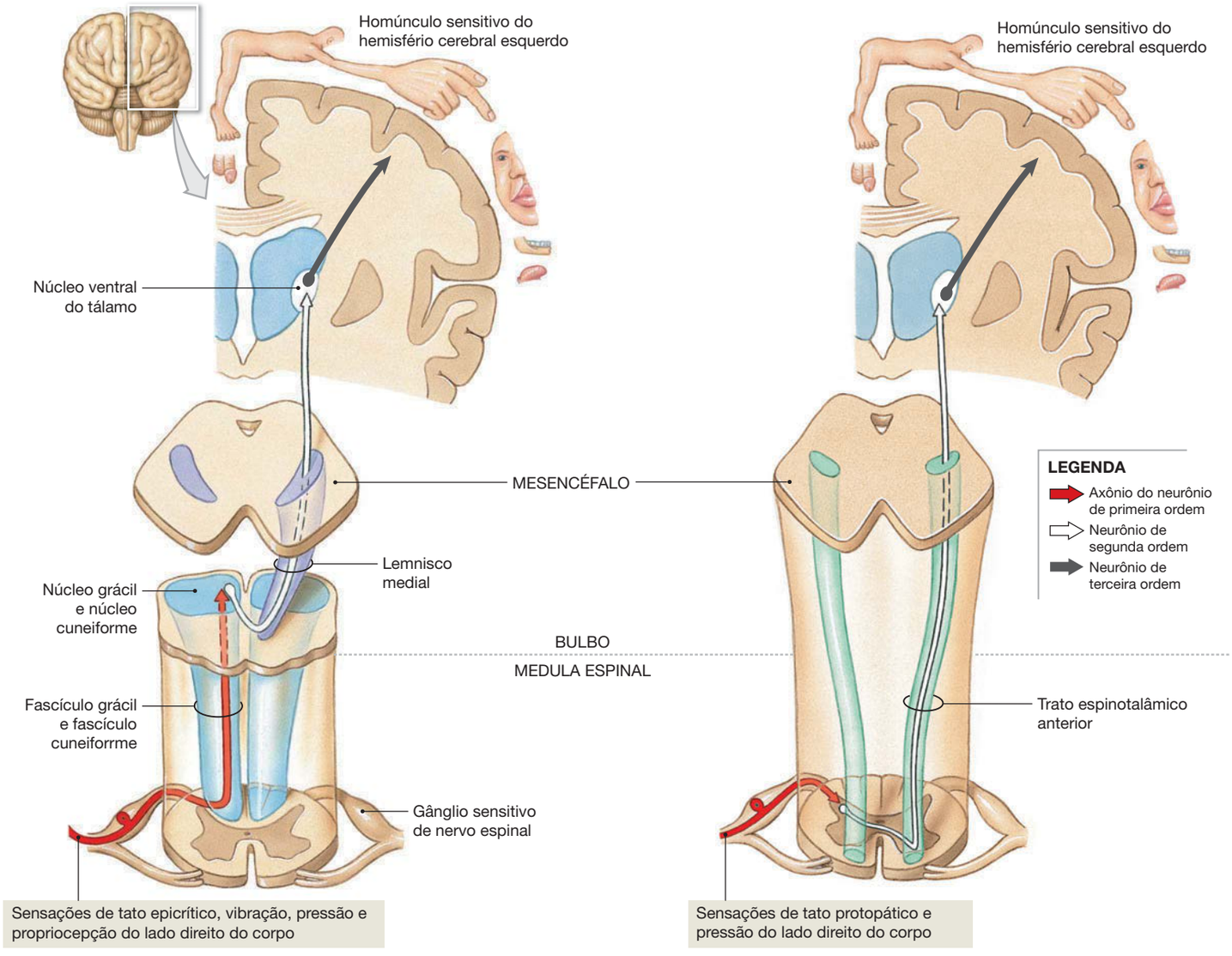


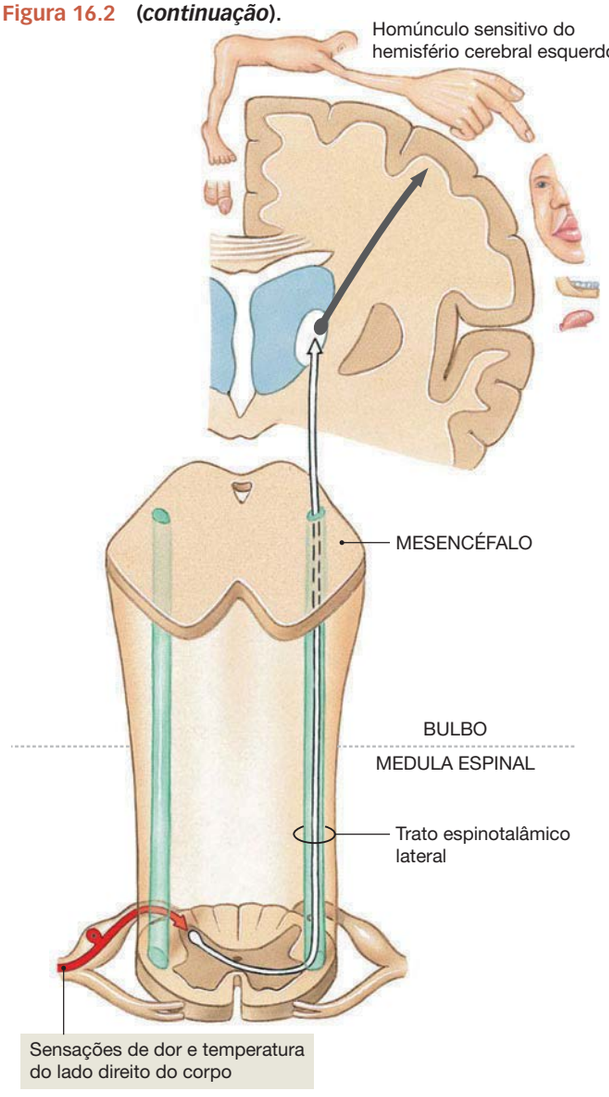
Figura 16.2 O sistema do funículo posterior, o sistema ântero-lateral e a via espinocerebelar.
Comparação diagramática dos neurônios de primeira, segunda e terceira ordem nas vias ascendentes. Para maior clareza, esta figura mostra somente as vias para sensações originadas no lado direito do corpo. **(a)** O sistema do funículo posterior transmite as informações de tato epicrítico, vibração e propriocepção para o córtex sensitivo primário do hemisfério cerebral no lado oposto do corpo. O cruzamento ocorre na medula, após a sinapse no núcleo grácil ou no núcleo cuneiforme. **(b)** O trato espinotalâmico anterior transmite as sensações de tato protopático e pressão ao córtex sensitivo primário no lado oposto do corpo. O cruzamento ocorre na medula espinal, no nível da entrada. **(c)** O trato espinotalâmico lateral transmite sensações de dor e temperatura ao córtex sensitivo primário no lado oposto do corpo. O cruzamento ocorre na medula espinal, no nível da entrada. **(d)** A via espinocerebelar transmite a informação proprioceptiva ao cerebelo. (Somente um trato é detalhado em cada lado, embora cada lado apresente dois tratos.)

segunda ordem conduzem então a informação ao tálamo do lado oposto do encéfalo, ao longo de um trato denominado **lemnisco medial** (*lemniskos*, fita). A decussação ocorre quando os axônios dos neurônios de segunda ordem deixam os núcleos para entrar no lemnisco medial. Conforme se dirige ao tálamo, o lemnisco medial incorpora os mesmos tipos de informações sensitivas (tato epicrítico, pressão e vibração) recebidas pelos nervos cranianos V, VII, IX e X.

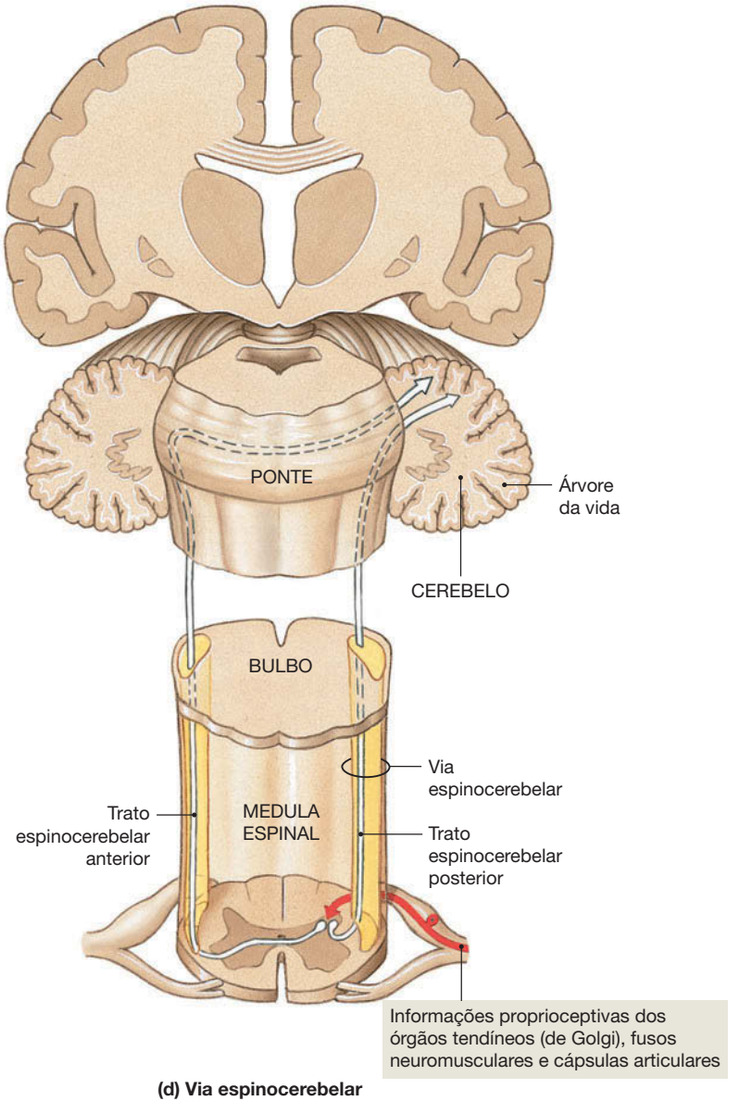
As informações sensitivas ascendentes mantêm uma organização topográfica rigorosa ao longo de todas as etapas da via. pág. 367 A informação sensitiva que penetra na medula espinal, inferiormente a T6, faz trajeto até o bulbo no interior do fascículo grácil, enquanto a informação sensitiva que penetra na medula espinal, no nível ou superiormente a T6, faz trajeto até o bulbo no interior do fascículo cuneiforme. A informação sensitiva vinda do sistema do funículo posterior é integrada pelo núcleo ventral póstero-lateral do tálamo, que ordena os dados de acordo com a região do corpo envolvida e os direciona para áreas específicas do córtex sensitivo primário. Os axônios que transmitem as informações desde o tálamo até o córtex sensitivo primário são coletivamente conhecidos como *fibras de projeção* (radiação talâmica). As sensações chegam com informação sensitiva dos dedos dos pés em uma extremidade do córtex sensitivo primário e informação sensitiva da cabeça na outra extremidade.

O indivíduo "reconhece" a natureza do estímulo e sua localização porque a informação foi projetada para um local específico do córtex sensitivo primário. Se a informação for dirigida a outra parte do córtex sensitivo, a sensação será percebida como tendo se originado em uma parte diferente do corpo. Por exemplo, a dor característica de um ataque cardíaco é freqüentemente percebida no braço esquerdo; este é um exemplo de dor referida, assunto que será tratado no Capítulo 18. Nossa percepção de

Figura 16.2 (*continuação*).



(c) Trato espinotalâmico lateral



(d) Via espinocerebelar

uma dada sensação como o tato, mais que a de temperatura e a de dor, depende de processamento no tálamo. Se o córtex cerebral estiver danificado ou se as fibras de projeção estiverem seccionadas, o indivíduo ainda terá a sensação de tato mantida, podendo perceber toques leves na pele, pois os núcleos do tálamo permanecem intactos. No entanto, neste caso, este indivíduo seria incapaz de determinar a origem do estímulo tátil, porque a localização do estímulo é propiciada pelo córtex sensitivo primário.

Se uma área do córtex sensitivo primário for estimulada eletricamente, o indivíduo relatará sensações em partes específicas do corpo. Através da estimulação elétrica da superfície cortical, pesquisadores criaram um mapa funcional do córtex sensitivo primário (**Figura 16.2a**). Esse mapa sensitivo é denominado **homúnculo sensitivo**. As proporções do homúnculo são claramente muito diferentes das do indivíduo. Por exemplo, a face é enorme e distorcida, com língua e lábios enormes, enquanto o dorso é relativamente pequeno. Estas distorções ocorrem porque a área do córtex sensitivo primário destinada a uma região corpórea em particular é proporcional ao *número de receptores sensitivos* da região, e não ao seu tamanho absoluto. Em outras palavras, é necessário um número muito maior de neurônios corticais para processar as informações sensitivas que chegam a partir da língua, que possui dezenas de milhares de receptores gustativos e táteis, do que para analisar as sensações originadas do dorso, onde os receptores táteis são mais raros e esparsos.

O sistema ântero-lateral [Figura 16.2b,c]

O **sistema ântero-lateral** (**Figura 16.2b,c**) transmite sensações de dor, temperatura, tato protopático e pressão. Neurônios espinotalâmicos de primeira ordem penetram na medula espinal e fazem sinapse no interior da coluna posterior da medula espinal. Os axônios dos neurônios de segunda ordem cruzam para o lado oposto da medula espinal antes de ascenderem no interior do **trato espinotalâmico anterior** e do **trato espinotalâmico lateral**. Esses tratos convergem para os núcleos ventrais póstero-laterais do tálamo. Fibras de projeção de neurônios de terceira ordem (radiação talâmica), então, transmitem a informação para o córtex sensitivo primário. A Tabela 16.1 resume a origem e o destino desses tratos, além das sensações a eles associadas. Para maior clareza, a **Figura 16.2** mostra o trajeto de distribuição das sensações de tato protopático e de pressão, e das sensações de dor e temperatura do lado direito do corpo. No entanto, ambos os lados da medula espinal apresentam tratos espinotalâmicos anterior e lateral.

A via espinocerebelar [Figura 16.2d]

A **via espinocerebelar** transmite informações proprioceptivas referentes à posição de músculos, tendões e articulações até o cerebelo, que é responsável pela coordenação refinada dos movimentos do corpo. Os axônios dos neurônios sensitivos de primeira ordem fazem sinapse com neurônios de segunda ordem nas colunas posteriores da medula espinal. Os axônios

desses neurônios ascendem no interior do **trato espinocerebelar anterior** e do **trato espinocerebelar posterior** (Figura 16.2d).

- Os axônios que cruzam para o lado oposto da medula espinal penetram no trato espinocerebelar anterior e ascendem ao córtex cerebelar pelo pedúnculo cerebelar superior. Estas fibras, então, decussam uma segunda vez no interior do cerebelo para terminarem no cerebelo homolateral[1].
- O trato espinocerebelar posterior conduz axônios que não cruzam para o lado oposto da medula espinal. Esses axônios ascendem ao córtex cerebelar pelo pedúnculo cerebelar inferior.

Como os neurônios da via espinocerebelar não fazem sinapse no interior do tálamo, esta via transporta informações proprioceptivas que serão processadas em nível subconsciente, quando comparadas às informações transmitidas ao córtex cerebral pelo sistema do funículo posterior.

A Tabela 16.1 resume a origem e a destinação desses tratos, bem como as sensações a eles associadas.

Vias motoras [Figuras 16.3/16.4]

O sistema nervoso central emite comandos motores em resposta às informações fornecidas pelos sistemas sensitivos. Esses comandos são distribuídos pelo sistema nervoso somático e pelo sistema nervoso autônomo. A *parte somática do sistema nervoso (SNS)* emite comandos motores somáticos que coordenam as contrações dos músculos esqueléticos. A *parte autônoma do sistema nervoso (SNA)*, ou *sistema motor visceral*, inerva efetuadores viscerais, como músculos lisos, músculo cardíaco e glândulas.

Os neurônios motores do SNS e do SNA estão organizados de maneiras diferentes. Vias motoras somáticas (Figura 16.3a) sempre envolvem pelo menos dois neurônios motores: um **neurônio motor superior**, cujo corpo celular encontra-se em um centro de processamento no SNC, e um **neurônio motor inferior**, localizado em um núcleo motor do tronco encefálico ou da medula espinal. A atividade no neurônio motor superior pode excitar ou inibir o neurônio motor inferior, porém somente o axônio do neurônio motor inferior se estende até as fibras musculares esqueléticas. A destruição ou lesão de um neurônio motor inferior produz paralisia flácida da unidade motora por ele inervada. A lesão do neurônio motor superior produz rigidez muscular, espasticidade, ou contrações incoordenadas.

Ao menos dois neurônios estão envolvidos nas vias do SNA, e um deles é sempre periférico (Figura 16.3b). O controle motor visceral envolve um **neurônio pré-ganglionar**, cujo corpo celular está no interior do SNC, e um **neurônio pós-ganglionar**, em um gânglio periférico. Centros superiores no hipotálamo e em outros locais no tronco encefálico podem estimular ou inibir o neurônio pré-ganglionar. As vias motoras do SNA serão descritas no Capítulo 17.

Comandos motores conscientes e subconscientes controlam os músculos esqueléticos fazendo seus trajetos em três vias motoras integradas:

[1] O trato espinocerebelar anterior também contém um pequeno número de fibras de neurônios que não fazem o cruzamento, assim como de axônios que fazem o cruzamento e terminam no cerebelo contralateral.

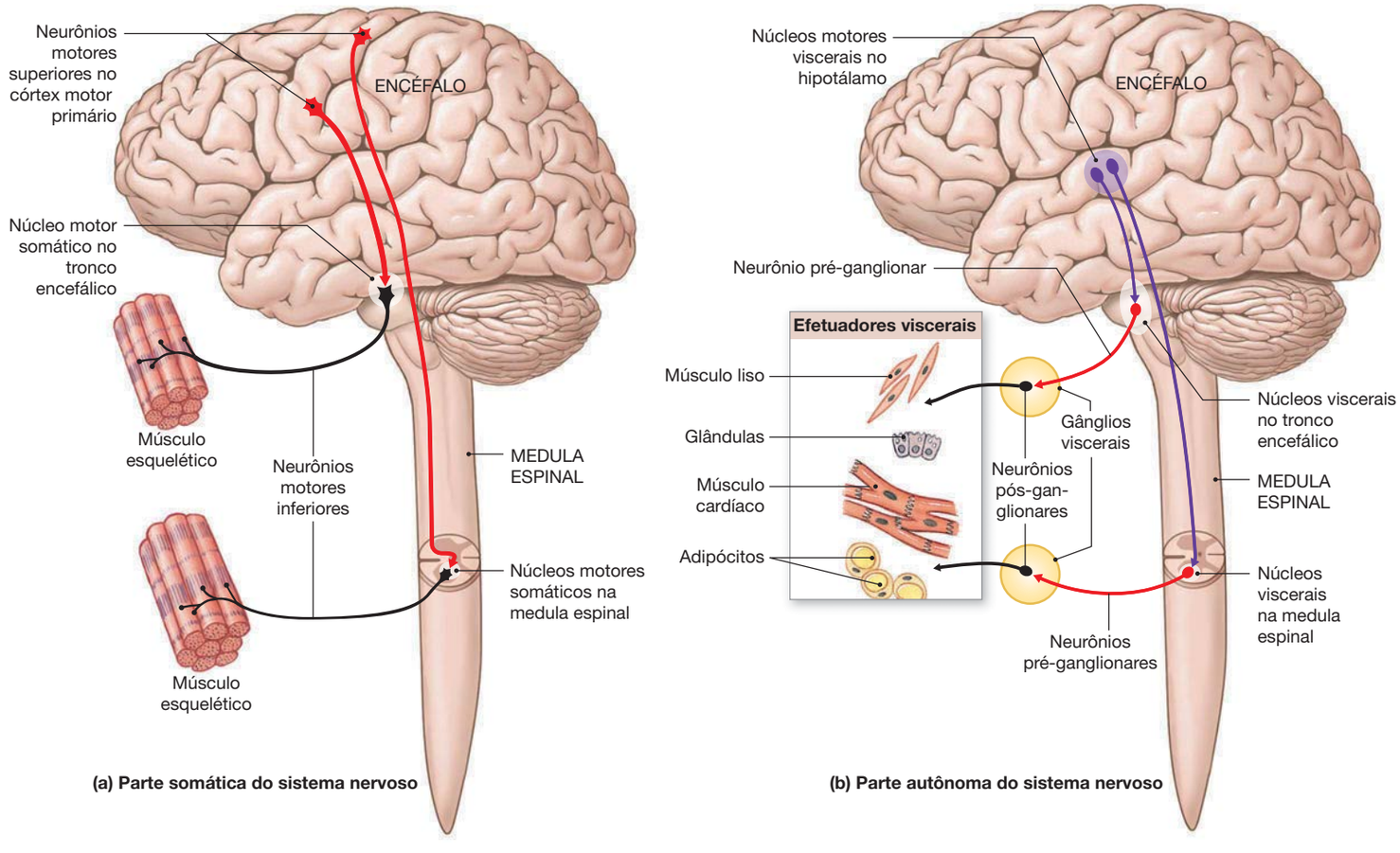


Figura 16.3 Vias motoras no SNC e SNP.
Organização das partes somática (SNS) e autônoma (SNA) do sistema nervoso. **(a)** No SNS, um neurônio motor superior no SNC controla um neurônio motor inferior no tronco encefálico ou na medula espinal. O axônio do neurônio motor inferior exerce controle direto sobre fibras musculares esqueléticas. A estimulação do neurônio motor inferior sempre exerce um efeito excitador nas fibras musculares esqueléticas. **(b)** No SNA, o axônio de um neurônio pré-ganglionar no SNC controla neurônios pós-ganglionares na periferia. A estimulação de neurônios pós-ganglionares pode levar à excitação ou inibição do efetuador visceral inervado.

o *sistema corticofugal,* o *sistema descendente medial* e o *sistema descendente lateral.* A **Figura 16.4** indica as posições dos tratos motores associados na medula espinal. A atividade no interior destas vias motoras é monitorada e ajustada pelos núcleos da base e pelo cerebelo. Suas informações estimulam ou inibem a atividade (1) dos núcleos motores ou (2) do córtex motor primário.

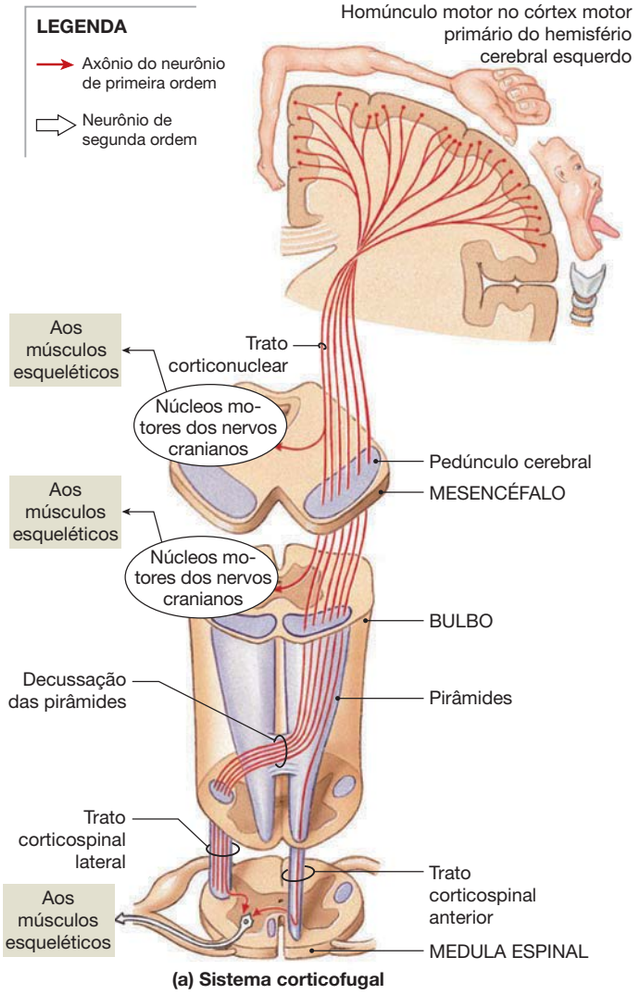
O sistema corticofugal [Figura 16.4]

O **sistema corticofugal**, antes denominado *sistema piramidal* (**Figura 16.4a**), propicia o controle voluntário dos músculos esqueléticos. Esse sistema começa nas *células piramidais* do córtex motor primário. Os axônios destes neurônios motores superiores descendem para o interior do tronco encefálico e da medula espinal para fazer sinapse com neurônios motores inferiores que controlam os músculos esqueléticos. Em geral, o sistema corticofugal é direto: os neurônios motores superiores fazem sinapse diretamente com os neurônios motores inferiores. Contudo, o sistema corticofugal também trabalha indiretamente, inervando centros dos sistemas descendentes medial e lateral.

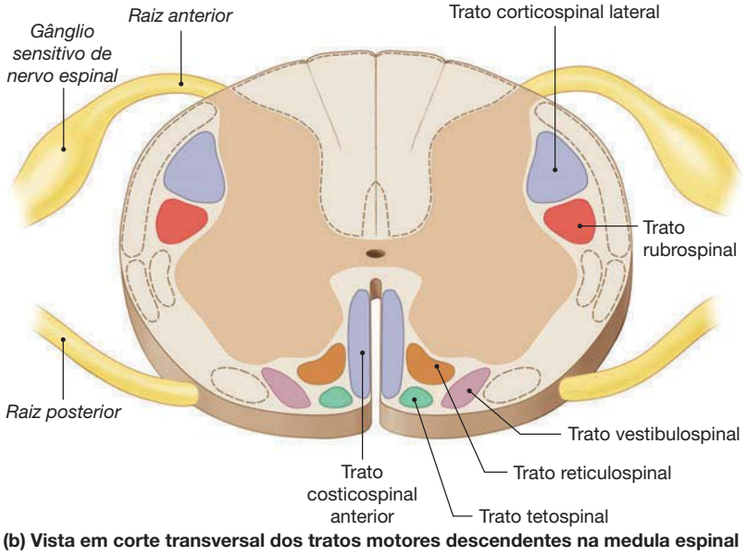
O sistema corticofugal contém três pares de tratos descendentes: (1) os *tratos corticonucleares,* (2) os *tratos corticospinais laterais* e (3) os *tratos corticospinais anteriores.* Esses tratos penetram na substância branca da cápsula interna, descendem para o interior do tronco encefálico e emergem de cada lado do mesencéfalo, como *pedúnculos cerebrais.* pág. 410

Os tratos corticonucleares [Figura 16.4a e Tabela 16.2] Os axônios nos **tratos corticonucleares** (*tratos corticobulbar, corticopontino* e *corticomesencefálico*) (**Figura 16.4a** e Tabela 16.2) fazem sinapse com os neurônios motores inferiores que partem dos núcleos motores dos nervos cranianos III, IV, V, VI, VII, IX, XI e XII. Os tratos corticonucleares proporcionam controle consciente sobre os músculos esqueléticos que movimentam o olho, a mandíbula, a face e alguns músculos do pescoço e da faringe. Os tratos corticonucleares também inervam centros motores dos sistemas descendentes medial e lateral. pág. 416

Os tratos corticospinais [Figura 16.4a e Tabela 16.2] Os axônios nos **tratos corticospinais** (**Figura 16.4**) fazem sinapse com neurônios motores inferiores nas colunas anteriores da medula espinal. Conforme descendem, os tratos corticospinais são visíveis na superfície anterior do bulbo como um par de espessas faixas, as **pirâmides**. Aproximadamente 85% dos axônios cruzam a linha mediana (decussam) ao longo da extensão das pirâmides para continuar como **tratos corticospinais laterais**, no lado contralateral da medula espinal. As fibras nervosas do trato corticospinal lateral fazem sinapse com neurônios motores inferiores nas colunas anteriores em todos os segmentos da medula espinal. Os outros 15% continuam seu trajeto como **tratos corticospinais anteriores**, sem cruzar a linha mediana da medula espinal. Ao atingir um determinado segmento da medula espinal, um axônio no trato corticospinal anterior decussa na comissura branca anterior. O neurônio motor superior, então, faz sinapse com neurônios motores inferiores nas colunas anteriores das partes cervical e torácica superior da medula espinal. As informações relacionadas a esses tratos e suas funções estão resumidas na Tabela 16.2.



(a) Sistema corticofugal



(b) Vista em corte transversal dos tratos motores descendentes na medula espinal

Figura 16.4 O sistema corticofugal e os tratos descendentes na medula espinal.

(a) O sistema corticofugal tem origem no córtex motor primário. Os tratos corticonucleares terminam nos núcleos motores de nervos cranianos do lado oposto do encéfalo. A maioria das fibras neste sistema cruza na medula espinal e entra nos tratos corticospinais laterais; as fibras restantes descem no trato corticospinal anterior e cruzam após atingirem os segmentos-alvo na medula espinal. **(b)** Vista em corte transversal indicando as localizações dos principais tratos motores descendentes que contêm axônios dos neurônios motores superiores. As origens e as destinações desses tratos estão listadas na *Tabela 16.2*. Tratos sensitivos (mostrados na *Figura 16.1*) aparecem em contornos tracejados.

TABELA 16.2 Principais vias descendentes (motoras) e funções gerais dos núcleos associados no encéfalo

Via/trato	Localização do neurônio motor superior	Destinação	Local de cruzamento	Ação
SISTEMA CORTICOFUGAL				
Trato corticonuclear	Córtex motor primário (hemisfério cerebral)	Neurônios motores inferiores dos núcleos dos nervos cranianos no tronco encefálico	Tronco encefálico	Controle motor consciente dos músculos esqueléticos
Trato corticospinal lateral	Idem ao anterior	Neurônios motores inferiores da coluna anterior da medula espinal	Pirâmide do bulbo	Idem ao anterior
Trato corticospinal anterior	Idem ao anterior	Idem ao anterior	Nível do neurônio motor inferior	Idem ao anterior
SISTEMA DESCENDENTE MEDIAL				
Trato vestibulospinal	Núcleo vestibular (entre a ponte e o bulbo)	Idem ao anterior	Nenhum (trato direto ou não cruzado)	Regulação subconsciente do tono muscular e do equilíbrio
Trato tetospinal	Lâmina do teto do mesencéfalo (colículos superior e inferior)	Neurônios motores inferiores da coluna anterior da medula espinal (apenas na parte cervical)	Tronco encefálico (mesencéfalo)	Regulação subconsciente dos olhos, da cabeça, do pescoço e dos membros superiores, em resposta a estímulos auditivos e visuais
Trato reticulospinal	Formação reticular (rede de núcleos no tronco encefálico)	Neurônios motores inferiores da coluna anterior da medula espinal	Nenhum (trato direto ou não cruzado)	Regulação subconsciente da atividade reflexa
SISTEMA DESCENDENTE LATERAL				
Trato rubrospinal	Núcleo rubro do mesencéfalo	Idem ao anterior	Tronco encefálico (mesencéfalo)	Regulação subconsciente do tono muscular e dos movimentos dos membros superiores

O homúnculo motor A atividade das células piramidais em uma área específica do córtex motor primário resultará na contração de músculos periféricos específicos. A especificação dos músculos estimulados depende da área ativada do córtex motor. Assim como o córtex sensitivo primário, o córtex motor primário corresponde, ponto a ponto, às regiões específicas do corpo. As áreas corticais foram mapeadas de forma esquemática, criando um **homúnculo motor.** A Figura 16.4a apresenta o homúnculo motor do hemisfério cerebral esquerdo e o sistema corticofugal que controla os músculos esqueléticos do lado direito do corpo.

As proporções do homúnculo motor são bastante diferentes das do corpo em dimensão real (Figura 16.4a), porque a área motora localizada em uma área específica do córtex é proporcional ao número de unidades motoras envolvidas no controle da região corpórea, e não ao seu tamanho real. Como resultado, o homúnculo oferece uma indicação do grau de controle motor refinado disponível para cada região. Por exemplo, as mãos, a face, a língua, capazes de movimentos complexos, aparecem em tamanhos muito grandes, ao passo que a representação do tronco é relativamente pequena. Estas proporções são semelhantes às do homúnculo sensitivo (Figura 16.2a, pág. 434). O homúnculo sensitivo e o homúnculo motor diferem em outros aspectos porque algumas regiões altamente sensíveis, como a planta, contêm poucas unidades motoras, enquanto outras regiões que apresentam abundância de unidades motoras, como os músculos do olho, não são particularmente sensíveis.

Os sistemas descendentes medial e lateral [Figuras 16.4b/16.5 e Tabela 16.2]

Vários centros no cérebro, no diencéfalo e no tronco encefálico podem emitir comandos motores somáticos como resultado do processamento realizado em nível subconsciente. pág. 397, 410, 414 Esses centros e seus tratos associados foram, por muito tempo, conhecidos como *sistema extrapiramidal (SEP)*, pois se pensava que esses tratos operassem independentemente do, e paralelamente ao, *sistema piramidal* (sistema corticofugal). Esta classificação esquemática é inexata e gera confusões, pois o controle motor é integrado em todos os níveis por meio de extensos circuitos de retroalimentação (*feedback*) e interconexões. É mais apropriado agrupar estes núcleos e tratos considerando suas funções primárias: os componentes do **sistema descendente medial** auxiliam a controlar os movimentos amplos do tronco e dos músculos proximais dos membros, enquanto aqueles do **sistema descendente lateral** auxiliam a controlar os músculos distais dos membros que executam movimentos mais precisos.

Os sistemas descendentes medial e lateral podem modificar ou comandar as contrações musculares esqueléticas estimulando, facilitando ou inibindo neurônios motores inferiores. É importante notar que os axônios dos neurônios motores superiores nos sistemas descendentes medial e lateral fazem sinapse com os mesmos neurônios motores inferiores inervados pelo sistema corticofugal. Isso significa que as várias vias moto-

Nota clínica

Paralisia cerebral O termo **paralisia cerebral** refere-se a um número de alterações que afetam o desempenho motor voluntário, as quais surgem durante a infância e persistem durante a vida do indivíduo acometido pela doença. A causa pode ser um trauma do SNC associado ao nascimento prematuro e/ou sofrimento fetal; exposição materna a drogas incluindo o álcool; ou alterações genéticas que envolvem o desenvolvimento inadequado das vias motoras. Dificuldades no parto podem causar compressão ou interrupção da circulação placentária e do suprimento de oxigênio. Se a concentração de oxigênio no sangue fetal diminuir de modo significativo, mesmo por períodos aparentemente curtos entre cinco e dez minutos, a função do SNC pode ser permanentemente comprometida. O córtex cerebral, o cerebelo, os núcleos da base, o hipocampo e o tálamo são particularmente sensíveis à falta de oxigênio, podendo dela resultar anomalias em habilidades motoras, postura e equilíbrio, memória, fala e capacidade de aprendizado.

ras interagem não somente no encéfalo, por meio de interconexões entre o córtex motor primário e os centros motores no tronco encefálico, mas também por meio de interações excitadoras ou inibidoras no nível dos neurônios motores inferiores.

O sistema descendente medial O controle do tono muscular e dos movimentos amplos do pescoço, do tronco e dos músculos do cíngulo dos membros superiores é principalmente conduzido pelo sistema descendente medial. Os neurônios motores superiores do sistema descendente medial estão localizados nos *núcleos vestibulares,* no *colículo superior,* no *colículo inferior* e na *formação reticular* (Figura 16.5).

Os núcleos vestibulares recebem informações, por meio do nervo vestibulococlear (N VIII), a partir de receptores da orelha interna que monitoram a posição e a movimentação da cabeça. Esses núcleos respondem a mudanças na orientação da cabeça, enviando comandos motores que alteram o tono muscular, a extensão e a posição do pescoço, dos olhos, da cabeça e dos membros. O objetivo principal é a manutenção da postura e do equilíbrio. As fibras descendentes na medula espinal constituem o **trato vestibulospinal** (Figura 16.4b).

Os colículos superior e inferior estão localizados na lâmina do teto do mesencéfalo. pág. 410 Os colículos recebem sensações visuais (colículo superior) e auditivas (colículo inferior), e seus núcleos estão envolvidos com o comando e a coordenação de respostas reflexas a estes estímulos. Os colículos superiores recebem informação auditiva transmitida pelos colículos inferiores, assim como informações somatossensoriais colaterais. Os axônios dos neurônios motores superiores, localizados nos colículos superiores, descendem como **tratos tetospinais**. Esses axônios cruzam imediatamente para o lado oposto, antes de descerem para fazer sinapse com os neurônios motores no tronco encefálico ou na medula espinal. Os axônios nos tratos tetospinais comandam modificações posturais reflexas da cabeça, do pescoço e dos membros superiores, em resposta à luz intensa, a movimentos súbitos ou ruídos intensos.

A formação reticular é uma rede de neurônios frouxamente organizada que se estende ao longo do tronco encefálico. A formação reticular recebe impulsos de quase todas as vias ascendentes e descendentes. Ela também apresenta extensas conexões com o cérebro, o cerebelo e os núcleos do tronco encefálico. Os axônios dos neurônios motores superiores na formação reticular descem como **tratos reticulospinais**, sem cruzar para o lado oposto. Os efeitos da estimulação da formação reticular são determinados pela região estimulada. Por exemplo, a estimulação dos neurônios motores superiores em uma determinada parte da formação reticular produz movimentos oculares, enquanto a estimulação em outra parte ativa músculos respiratórios.

O sistema descendente lateral A principal informação transmitida pelo sistema descendente lateral são os comandos para o controle do tono muscular e dos movimentos das partes livres dos membros superiores. Os comandos transmitidos pelo sistema descendente lateral tipicamente estimulam músculos flexores e inibem músculos extensores. Os neurônios motores superiores do sistema descendente lateral situam-se no interior dos *núcleos rubros* do mesencéfalo. pág. 410 Os axônios dos neurônios motores superiores dos núcleos rubros cruzam para o lado oposto do encéfalo e descem no interior da medula espinal como **tratos rubrospinais**. Nos seres humanos, os tratos rubrospinais são pequenos e estendem-se somente até a parte cervical da medula espinal, onde propiciam o controle sobre os músculos distais dos membros superiores; normalmente sua função é insignificante se comparada à função dos tratos corticospinais laterais. Entretanto, os tratos rubrospinais podem ser importantes na manutenção do controle motor e do tono muscular dos membros superiores, em caso de lesão dos tratos corticospinais laterais.

A Tabela 16.2 revisa os principais tratos motores discutidos nesta seção.

Os núcleos da base e o cerebelo [Figura 16.5]

Os núcleos da base são agrupamentos de substância cinzenta no interior do cérebro, lateralmente ao tálamo (Figura 16.5). Os núcleos da base e o cerebelo são responsáveis pela coordenação e pelo controle, por retroalimentação (*feedback*), das contrações musculares comandadas tanto consciente quanto inconscientemente.

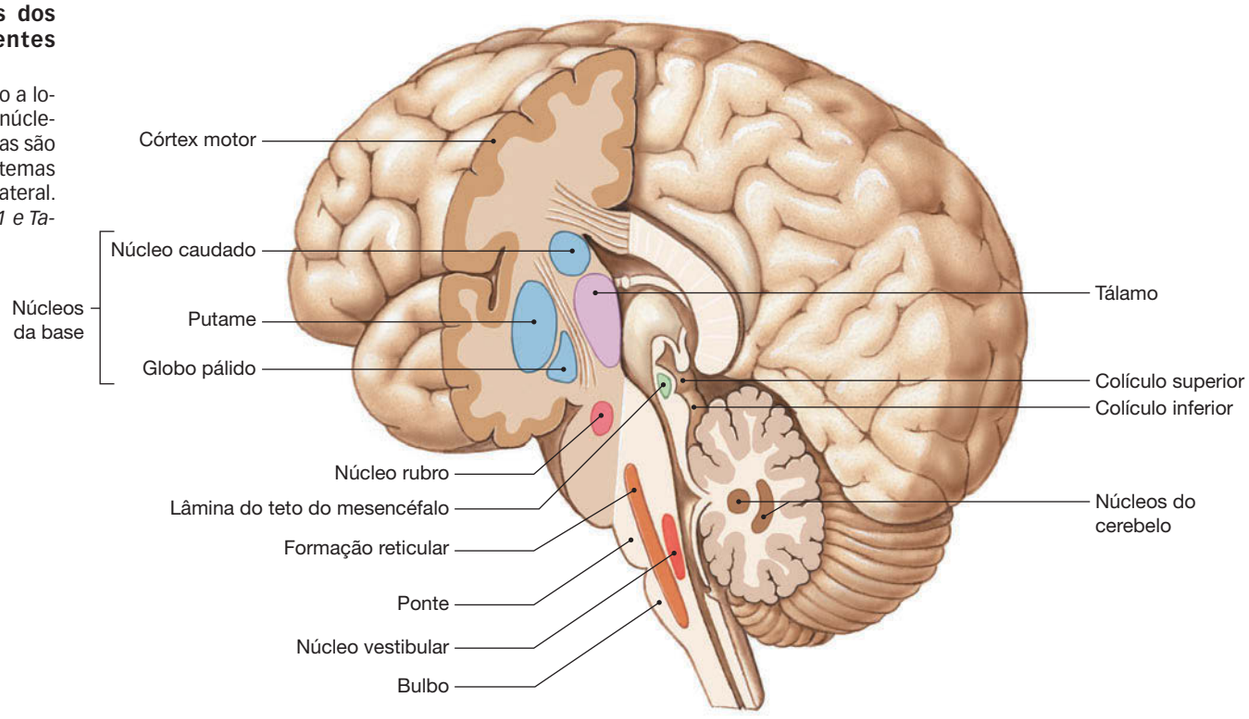


Figura 16.5 Núcleos dos sistemas descendentes medial e lateral.
Vista em corte mostrando a localização dos principais núcleos cujas respostas motoras são transportadas pelos sistemas descendentes medial e lateral. *Ver também Figura 15.11 e Tabela 15.4.*

Nota clínica

Esclerose lateral amiotrófica Doenças desmielinizantes acometem neurônios sensitivos e motores produzindo perdas de sensibilidade e do controle motor. A *esclerose lateral amiotrófica (ELA)* é uma doença progressiva que afeta especificamente os neurônios motores, deixando intactos os neurônios sensitivos. Como resultado, indivíduos portadores de ELA apresentam perda do controle motor, porém sem perda da função sensitiva ou intelectual. Os neurônios motores ao longo do sistema nervoso central são destruídos. Os neurônios envolvidos na inervação dos músculos esqueléticos são os principais alvos.

Os sintomas de ELA geralmente não aparecem antes dos 40 anos de idade. A doença ocorre na população mundial com uma incidência de três a cinco casos por cem mil indivíduos, sendo mais comum em homens do que em mulheres. O quadro sintomático varia, dependendo dos neurônios motores específicos envolvidos. Quando os neurônios motores nos hemisférios cerebrais são os primeiros a serem afetados, o indivíduo apresenta dificuldade em executar movimentos voluntários, além de reflexos de extensão exacerbados. Se os neurônios motores de outras partes do encéfalo e da medula espinal são atingidos, o indivíduo apresenta fraqueza (paresia), inicialmente em um dos membros, mas que aos poucos se dissemina para os outros membros, atingindo finalmente o tronco. Quando os neurônios motores que inervam músculos esqueléticos degeneram, ocorre perda do tono muscular. Com o tempo, os músculos atrofiam. A doença progride rapidamente, e a sobrevida média após o diagnóstico é de três a cinco anos. Como as funções intelectuais permanecem íntegras, portadores de ELA permanecem em alerta e conscientes durante todo o curso da doença, sendo este um dos aspectos mais perturbadores da patologia. Dentre pessoas conhecidas que desenvolveram ELA estão o jogador de beisebol Lou Gehrig e o físico Stephen Hawking.

A causa primária da ELA permanece desconhecida; somente 5 a 10% dos casos parecem ter uma base genética, sendo que 5% desses casos genéticos são causados por uma mutação em um gene que codifica uma enzima que protege a célula contra substâncias químicas lesivas geradas durante o metabolismo. No nível celular, o problema fundamental parece estar nas membranas pós-sinápticas dos neurônios motores. O tratamento com riluzole, uma droga que suprime a liberação de glutamato (um neurotransmissor), tem postergado o início da paralisia respiratória e prolongado a vida destes pacientes. O FDA (Food and Drug Administration) aprovou essa droga para uso clínico.

Os núcleos da base Os padrões básicos de movimento envolvidos nas atividades motoras voluntárias são produzidos pelos núcleos da base. Por exemplo, eles podem controlar músculos que determinam a posição básica do tronco e dos membros, ou podem comandar os ciclos de movimentos rítmicos, como o caminhar ou correr. Os núcleos da base não exercem controle direto sobre os neurônios motores inferiores; ao contrário, eles ajustam as atividades dos neurônios motores superiores nas várias vias motoras. Os núcleos da base recebem impulsos de todas as partes do córtex cerebral, bem como da substância negra.

Os núcleos da base usam quatro vias principais para ajustar ou estabelecer padrões de movimentos:

1. Um grupo de axônios faz sinapse com neurônios talâmicos, os quais emitem axônios para a área pré-motora do córtex, a área de associação motora que comanda atividades do córtex motor primário. Esta organização cria um "circuito de retroalimentação" que modifica o limiar de excitabilidade das células piramidais e altera o padrão de instruções transmitido pelos tratos corticospinais.
2. O segundo grupo de axônios faz sinapse nos neurônios talâmicos, os quais emitem axônios para amplas áreas de associação do córtex cerebral. Esta organização cria um circuito por meio do qual várias áreas de associação podem exercer influência sobre a atividade motora do córtex.
3. Um terceiro grupo de axônios faz sinapse na formação reticular, alterando o impulso nervoso excitador ou inibidor dos tratos reticulospinais.
4. O quarto grupo de axônios faz sinapse nos colículos superiores do mesencéfalo e em várias áreas do córtex cerebral que controlam os movimentos oculares. Este circuito nervoso atua nos movimentos rápidos dos olhos.

Existem duas populações distintas de neurônios: uma que estimula os neurônios pela liberação de acetilcolina (ACh) e outra que os inibe pela liberação de ácido gama-aminobutírico (GABA). Sob condições normais, os interneurônios excitadores são mantidos inativos e os tratos que partem dos núcleos da base exercem um efeito inibidor sobre os neurônios motores superiores. Na *doença de Parkinson*, os neurônios excitadores tornam-se mais ativos, o que resulta em problemas no controle voluntário dos movimentos. pág. 410

Se o córtex motor primário for danificado, o indivíduo perde a capacidade de exercer o controle refinado sobre os músculos esqueléticos. Contudo, alguns movimentos voluntários ainda podem ser controlados pelos núcleos da base. Na realidade, os sistemas descendentes medial e lateral funcionam normalmente, mas o sistema corticofugal (tratos corticospinais) não consegue realizar o ajuste preciso dos movimentos. Por exemplo, após uma lesão no córtex motor primário, os núcleos da base ainda podem receber informações a respeito dos movimentos planejados do córtex pré-frontal e podem executar movimentos preparatórios de tronco e membros. Entretanto, como o sistema corticofugal está inoperante, movimentos precisos dos antebraços, dos punhos e das mãos não são possíveis. Um indivíduo nesta condição pode levantar-se, manter o equilíbrio e até andar, porém todos os movimentos são hesitantes, fracos e pouco controlados.

O cerebelo Uma das funções do cerebelo é a de monitorar sensações proprioceptivas (relacionadas à posição), informações visuais provenientes dos olhos e sensações vestibulares (relativas ao equilíbrio) advindas da orelha interna no decurso da realização dos movimentos. págs. 412-414 Os axônios que conduzem informações proprioceptivas atingem o córtex cerebelar por meio dos tratos espinocerebelares. A informação visual é encaminhada dos colículos superiores, e a informação do equilíbrio é transmitida a partir dos núcleos vestibulares. Os comandos originados do cerebelo afetam a atividade dos neurônios motores superiores no sistema corticofugal e nos sistemas descendentes medial e lateral.

Todos os sistemas motores enviam informações ao cerebelo quando os comandos motores são emitidos. À medida que os movimentos são realizados, o cerebelo monitora informações proprioceptivas e vestibulares e compara as sensações que chegam com as sensações percebidas durante os movimentos anteriores. O cerebelo, então, ajusta as atividades dos neurônios motores superiores envolvidos. Em geral, qualquer movimento voluntário inicia-se com a ativação de um número de unidades motoras que é muito superior ao necessário – ou mesmo desejável. O cerebelo oferece a inibição necessária, reduzindo o número de comandos motores a um mínimo eficiente. Ao longo da realização do movimento, o padrão e o grau de inibição se alteram, produzindo o resultado desejado.

Os padrões de atividade cerebelar são aprendidos por tentativa e erro, após muitas repetições. Muitos dos padrões básicos são estabelecidos

precocemente na vida; exemplos incluem ajustes delicados do equilíbrio, necessários para se permanecer em pé ou para caminhar. A habilidade de regular com exatidão um padrão complexo de movimentos aumenta com a prática, até que os movimentos se tornem fáceis e automáticos. Considere os movimentos soltos e suaves dos acrobatas, dos jogadores de golfe e dos chefes de cozinha japonesa. Estas pessoas realizam movimentos complexos sem pensar nos detalhes de sua execução. Esta habilidade é importante porque, quando há necessidade de se concentrar a atenção no controle voluntário, o ritmo e o padrão do movimento geralmente se dissociam e fogem da sincronia, uma vez que o córtex motor primário começa a exceder os comandos dos núcleos da base e do cerebelo.

Níveis de controle motor somático [Figura 16.6]

A informação ascendente é transmitida, a partir de um núcleo ou centro a outro, em uma série de etapas. Por exemplo, a informação sensitiva somática da medula espinal é conduzida de um núcleo no bulbo em direção a um núcleo no tálamo antes de alcançar a área específica do córtex sensitivo primário. O processamento da informação ocorre a cada etapa ao longo do caminho. Como resultado, a percepção consciente do estímulo pode ser bloqueada, reduzida ou aumentada.

Esse processamento em etapas é importante, mas leva tempo. Em cada sinapse ocorre um atraso e, entre o tempo de condução e os atrasos sinápticos, alguns milissegundos são necessários para a transmissão de uma informação desde um receptor até a área específica do córtex sensitivo primário. Um tempo adicional transcorrerá até que a área específica do córtex motor primário realize o comando para uma resposta voluntária.

Os riscos envolvidos em função desse atraso não são significativos, pois comandos motores intermediários são emitidos por "estações de transmissão" na medula espinal e no tronco encefálico. Enquanto o intelecto consciente ainda está processando a informação, reflexos neurais promovem uma resposta imediata, que pode ser ajustada em detalhes posteriormente. Por exemplo, ao tocar acidentalmente um forno quente, os poucos milissegundos transcorridos até a conscientização da situação de risco poderiam ser suficientes para ocasionar uma queimadura grave. Entretanto, isso não acontece porque a resposta (a retirada da mão) ocorre quase imediatamente, por meio de um reflexo coordenado na medula espinal. Respostas motoras voluntárias, como sacudir as mãos, afastar-se, gritar ou chorar ocorrem algum tempo depois. Neste caso, a resposta reflexa inicial, dirigida por neurônios na medula espinal, foi complementada por uma resposta voluntária controlada pelo córtex cerebral. O reflexo medular forneceu a resposta rápida, automática e pré-programada que preservou a homeostase. A resposta cortical foi mais complexa, mas exigiu mais tempo para seu preparo e sua execução.

Núcleos do tronco encefálico também estão envolvidos em uma variedade de reflexos complexos. Alguns desses núcleos recebem informação sensitiva e geram respostas motoras apropriadas. Essas respostas motoras podem envolver controle direto sobre neurônios motores ou sobre a regulação de centros reflexos em outras partes do encéfalo. A **Figura 16.6** ilustra vários níveis de controle motor somático, desde reflexos espinais simples até padrões complexos de movimentos.

Todos os níveis de controle motor somático afetam a atividade dos neurônios motores inferiores. Os reflexos coordenados na medula espinal e no tronco encefálico são os mecanismos mais simples de controle motor. Níveis superiores realizam processamentos mais elaborados; no trajeto desde o bulbo até o córtex cerebral, os padrões motores se tornam gradativamente mais complexos e variáveis. Por exemplo, o ritmo controlado pelo centro respiratório do bulbo determina uma freqüência respiratória básica. Centros pontinos ajustam essa freqüência em resposta a comandos recebidos do hipotálamo (subconscientes) ou do córtex cerebral (conscientes).

Os núcleos da base, o cerebelo, o mesencéfalo e o hipotálamo controlam os padrões motores involuntários mais complexos. Exemplos incluem padrões motores associados com alimentação e reprodução (hipotálamo), marcha e posicionamentos do corpo (núcleos da base), padrões de movimentação aprendidos (cerebelo) e movimentos em resposta a estímulos visuais ou auditivos bruscos e repentinos (mesencéfalo).

No nível mais superior estão os complexos e variáveis padrões motores voluntários, ditados pelo córtex cerebral. Comandos motores podem ser emitidos diretamente aos neurônios motores específicos ou podem ser transmitidos indiretamente pela modificação da atividade de um centro de controle reflexo. A **Figura 16.6b,c** oferece um diagrama simples das etapas envolvidas no planejamento e na execução de um movimento voluntário.

Durante o desenvolvimento, os níveis de controle aparecem seqüencialmente, começando com os reflexos medulares. Reflexos mais complexos se desenvolvem conforme os neurônios crescem e se interconectam. A evolução do processo é relativamente lenta, uma vez que bilhões de neurônios estabelecem trilhões de conexões sinápticas. Ao nascimento, nem o córtex cerebral nem o córtex cerebelar são totalmente funcionais, e o amadurecimento de suas habilidades leva anos para se completar. Alguns fatores anatômicos, observados em capítulos anteriores, contribuem para esta maturação:

1. Neurônios corticais multiplicam-se até ao menos 1 ano de idade.
2. O encéfalo cresce em tamanho e complexidade até pelo menos 4 anos de idade.
3. A mielinização dos axônios do SNC continua até pelo menos 1 a 2 anos de idade; a mielinização periférica pode continuar-se ao longo da puberdade.

Nota clínica

Anencefalia Ainda que possa parecer estranho, geralmente os médicos adotam o procedimento de colocar o recém-nascido em uma sala escura e acender uma luz contra o crânio. Por meio desse procedimento, investiga-se a ocorrência de **anencefalia,** uma condição rara na qual ocorre uma falha no desenvolvimento encefálico acima do mesencéfalo ou da parte inferior do diencéfalo. O crânio tipicamente não se desenvolve, facilitando o diagnóstico; se a caixa craniana se desenvolve vazia, torna-se suficientemente translúcida à passagem da luz.

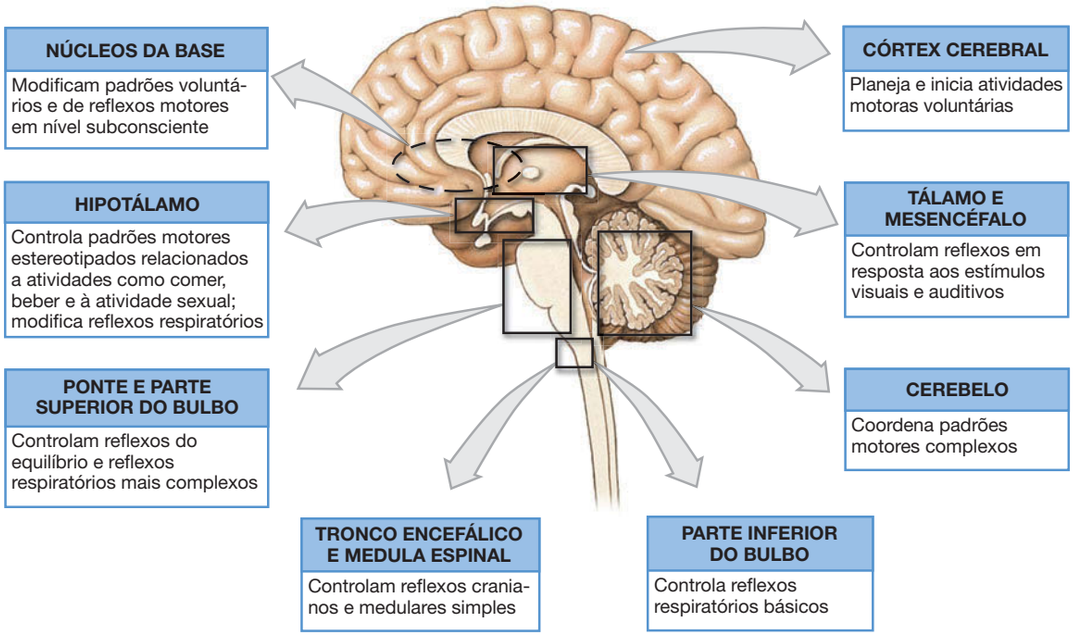
A menos que a condição seja diagnosticada imediatamente, os pais podem levar a criança para casa totalmente alheios ao problema. Todos os padrões de comportamento esperados de um recém-nascido estão presentes, incluindo sugar, esticar-se, bocejar, chorar, chutar, levar os dedos à boca e acompanhar movimentos com os olhos. Contudo, a morte ocorrerá naturalmente em um período de dias a meses.

Esta condição trágica fornece uma demonstração notável da função do tronco encefálico no controle dos complexos padrões motores involuntários. Durante o desenvolvimento normal, esses padrões tornam-se incorporados a comportamentos variáveis e versáteis, enquanto os centros analíticos e de controle se desenvolvem no córtex cerebral.

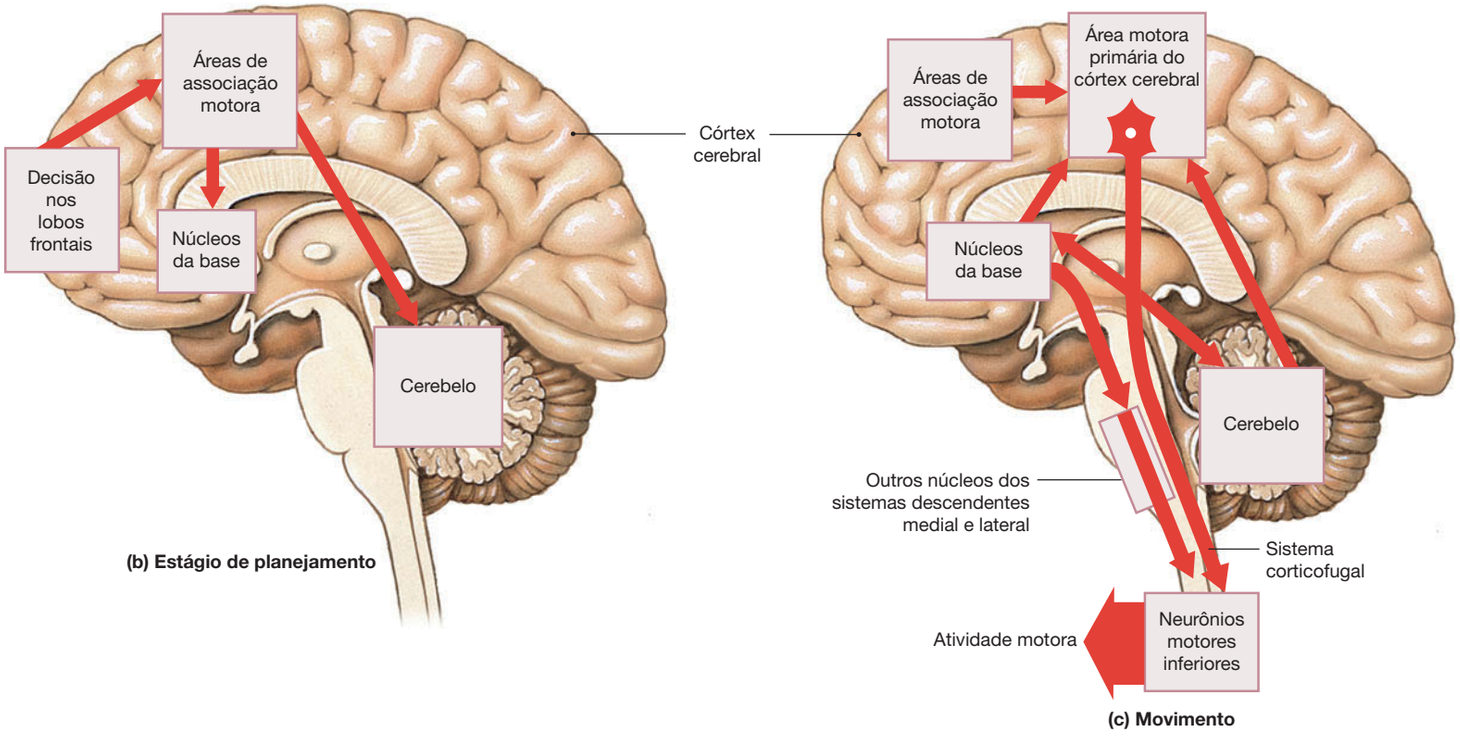
À medida que estes eventos ocorrem, os neurônios corticais continuam a estabelecer novas interconexões que terão um efeito a longo prazo nas capacidades funcionais do indivíduo.

Revisão dos conceitos

1. Como resultado de uma compressão de medula espinal, Gil apresenta ausência das sensações de tato e pressão nas pernas. Qual é o trato da medula espinal que está sob compressão?
2. Qual é a explicação anatômica para o fato de o lado esquerdo do encéfalo controlar a função motora do lado direito do corpo?
3. Que parte do corpo será afetada por uma lesão na porção superior do córtex motor?



(a) Níveis de controle motor somático



(b) Estágio de planejamento

(c) Movimento

Figura 16.6 Controle motor somático.
(a) O controle motor somático envolve uma série de níveis, com reflexos medulares e reflexos cranianos simples, inferiormente, e padrões motores voluntários complexos, superiormente. **(b)** O estágio de planejamento: Quando uma decisão consciente é tomada para realizar um movimento específico, a informação é emitida dos lobos frontais para as áreas de associação motora. Essas áreas, por sua vez, transmitem a informação ao cerebelo e aos núcleos da base. **(c)** Movimento: Com o início do movimento, as áreas de associação motora enviam instruções ao córtex motor primário. A retroalimentação (*feedback*) advinda dos núcleos da base e do cerebelo modifica esses comandos e retorna informações ao longo dos sistemas descendentes medial e lateral, coordenando ajustes involuntários de posição e tono muscular.

4. Por meio de quais tratos motores passam os seguintes comandos: (a) mudanças reflexas na posição da cabeça devido à luminosidade intensa, (b) alterações automáticas na posição dos membros para manter o equilíbrio?

Veja a seção de Respostas na parte final do livro.

Funções superiores

As funções superiores apresentam as seguintes características:

1. São realizadas pelo córtex cerebral.

2. Envolvem interconexões e comunicações complexas entre áreas no interior do córtex cerebral e entre o córtex cerebral e outras áreas do encéfalo.
3. Envolvem processamento consciente e inconsciente de informações.
4. Não integram os "circuitos" programados do encéfalo; portanto, as funções estão sujeitas a modificações e ajustes ao longo do tempo.

Nossa discussão sobre as funções superiores começa pela identificação das áreas corticais envolvidas e pela consideração das diferenças funcionais entre os hemisférios cerebrais direito e esquerdo. Assim, abordaremos brevemente os mecanismos de memória, aprendizagem e consciência.

Regiões de integração do córtex cerebral [Figura 16.7]

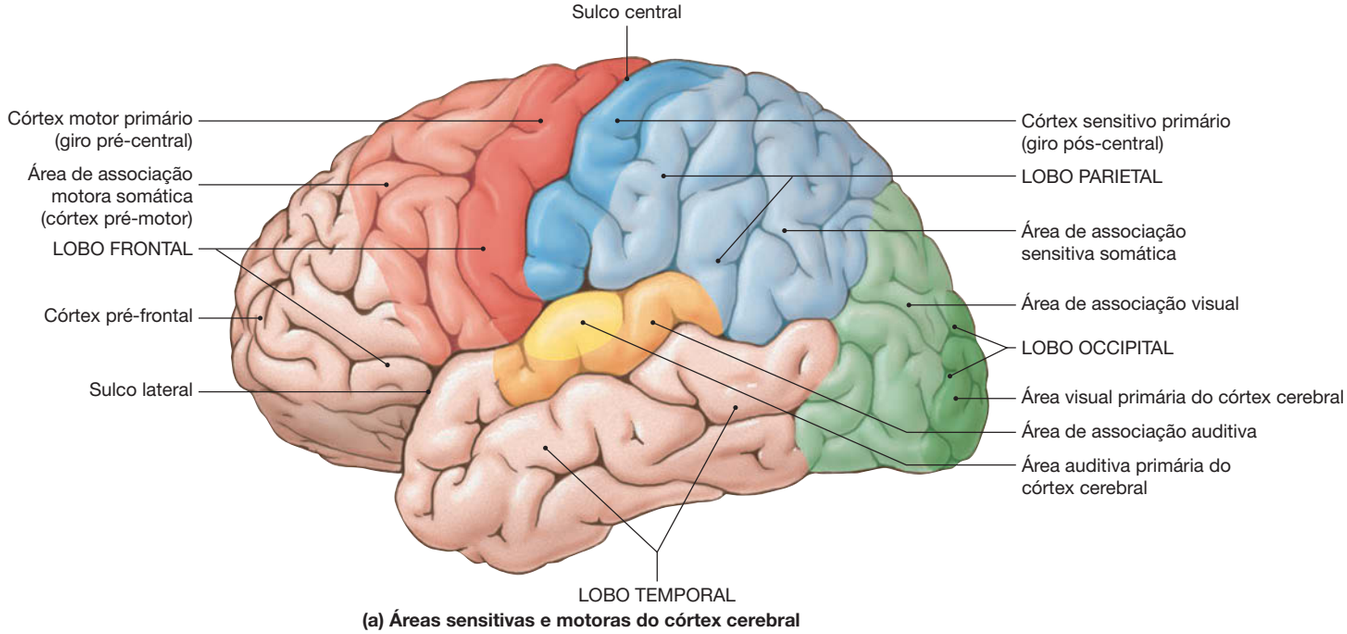
As áreas sensitivas, motoras e de association dos hemisférios cerebrais foram apresentadas no Capítulo 15. pág. 397 A **Figura 16.7a** permite a revisão das principais áreas corticais do hemisfério cerebral esquerdo. Dados de tomografia computadorizada funcional (SPET), monitoramento elétrico e observação clínica têm mostrado que várias áreas corticais integram estímulos sensitivos complexos e respostas motoras. Estes centros (**Figura 16.7b**) incluem a *área integrativa*, o *centro da fala* e o *córtex pré-frontal*.

A área integrativa geral

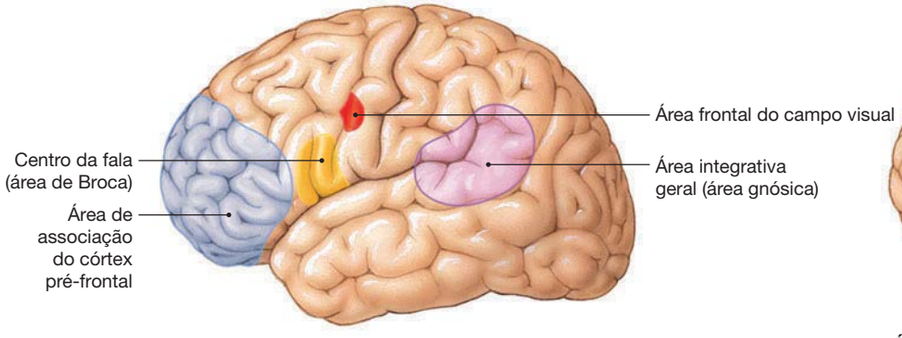
A **área integrativa geral**, ou *área gnósica*, recebe informação de todas as áreas de associação sensitiva. Este centro analítico está presente em apenas um hemisfério cerebral, geralmente o esquerdo. Lesões na área integrativa geral prejudicam a capacidade interpretativa da leitura ou da linguagem oral, apesar de haver compreensão das palavras, quando apresentadas isoladamente. Por exemplo, um indivíduo poderia entender o significado das palavras *sentar* e *aqui*, mas ficar totalmente confuso diante de uma solicitação para "sentar aqui".

O centro da fala

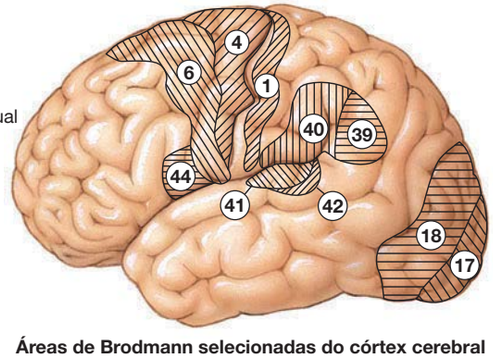
Vias eferentes a partir da área integrativa geral atingem o **centro da fala**, ou *área de Broca*. Este centro localiza-se ao longo da margem do córtex pré-motor no mesmo hemisfério da área integrativa geral. O centro da fala é um centro motor que regula os padrões de respiração e vocalização



(a) Áreas sensitivas e motoras do córtex cerebral



(b) Regiões de integração superior do córtex cerebral



Áreas de Brodmann selecionadas do córtex cerebral

Figura 16.7 Áreas funcionais do córtex cerebral.
(a) Áreas sensitivas, motoras e sensitivas especiais do córtex cerebral que são encontradas em ambos os hemisférios cerebrais. **(b)** O hemisfério esquerdo geralmente contém a área integrativa geral e o centro da fala. Outras especializações dos dois hemisférios cerebrais são mostradas na *Figura 16.8*. **(c)** Estas são algumas das áreas de Brodmann do córtex cerebral, cada uma delas caracterizada por um padrão diferenciado de organização celular (citoarquitetura). Compare estas regiões anatômicas com as áreas funcionais mostradas nas partes (a) e (b).

necessários para a fala normal. As regiões correspondentes no hemisfério oposto não estão "inativas", mas suas funções apresentam menor definição. Lesões no centro da fala podem manifestar-se de várias maneiras. Alguns indivíduos apresentam dificuldade de fala, embora saibam selecionar exatamente as palavras a serem utilizadas; outros não apresentam dificuldades de fala, mas a seleção das palavras é totalmente inapropriada.

O córtex pré-frontal

O **córtex pré-frontal**, ou *área de associação pré-frontal*, do lobo frontal é a área cerebral de maior complexidade. Essa área apresenta extensas conexões com outras áreas corticais e com outras partes do encéfalo, como o sistema límbico. O córtex pré-frontal desempenha funções complexas de aprendizado e raciocínio. Por meio de suas conexões com o sistema límbico, o córtex pré-frontal oferece contexto emocional e motivação. Também desempenha funções intelectuais abstratas, como a previsão de conseqüências futuras de eventos ou ações. Lesões nesta região levam a dificuldades com a noção das relações temporais entre eventos. Algumas questões, como "Há quanto tempo isto aconteceu?" ou "O que aconteceu primeiro?" tornam-se difíceis de responder.

Sentimentos de frustração, tensão e ansiedade são gerados na área pré-frontal do córtex cerebral, pois ele interpreta eventos contínuos e faz predições a respeito de situações ou conseqüências futuras. Se as conexões entre esta área e outras partes do encéfalo são interrompidas, as sensações de tensão, frustração e ansiedade são removidas. Ao longo da metade do século XX, o procedimento um tanto drástico denominado **lobotomia pré-frontal** foi utilizado para "curar" uma variedade de doenças mentais, principalmente aquelas ligadas a personalidades anti-sociais e violentas.

Após uma lobotomia, o paciente não mais se preocupava a respeito do que, antes, era considerado um grande problema, seja ele psicológico (como alucinações) ou físico (dor intensa). Contudo, o indivíduo ficava, por algum tempo, igualmente desmotivado em relação às sensações táteis, situações envolvendo decoro e higiene pessoal. Agora que foram desenvolvidas drogas para atuar em vias e áreas específicas do SNC, a lobotomia não é mais utilizada para controlar o comportamento.

Áreas de Brodmann e função cortical [Figura 16.7c]

No início do século XX, foram feitas muitas tentativas para descrever e classificar diferenças regionais na organização histológica (citoarquitetura) do córtex cerebral. Acreditava-se que os padrões da organização celular poderiam estar relacionados a funções sensitivas, motoras e integrativas específicas. Até 1919, foram descritos pelo menos 200 padrões diferentes, e a maioria dos esquemas de classificação foram abandonados desde então. Contudo, o mapeamento cortical preparado por Brodmann em 1909 provou ser eficiente para os neuroanatomistas. Brodmann descreveu 47 padrões citoarquiteturais diferentes no córtex cerebral*. Várias destas *áreas de Brodmann* são mostradas na **Figura 16.7c**. Algumas correspondem a áreas funcionais conhecidas. Por exemplo, a área 44 de Brodmann corresponde ao centro motor da fala e a área 4 acompanha o contorno do córtex motor primário. Em outros casos,

* N. de R.T. Na realidade, Brodmann descreveu 52 áreas citoarquiteturais.

Nota clínica

Lesão dos centros integrativos A **afasia** (*a*, ausência + *phasia*, *fala*) é uma alteração que afeta a capacidade de fala ou leitura. A afasia severa, ou **afasia global**, resulta de uma lesão extensa da área integrativa geral ou dos tratos sensitivos associados. Os indivíduos acometidos são totalmente incapazes de falar, ler ou compreender ou interpretar a fala dos outros (linguagem oral). A recuperação é possível quando a condição resulta de edema ou hemorragia, mas o processo muitas vezes leva meses ou anos.

A **dislexia** (*lexis*, palavra) é um distúrbio que interfere na compreensão das palavras escritas. A **dislexia do desenvolvimento** ocorre em crianças; existem estimativas de que, nos Estados Unidos, em torno de 15% das crianças sofrem de algum grau de dislexia. Essas crianças têm dificuldades para ler e escrever, embora outras funções intelectuais sejam normais ou estejam acima do normal. A caligrafia dessas crianças apresenta-se irregular e desorganizada, com letras espelhadas ou escritas em ordem invertida, mais freqüentemente do que na caligrafia de crianças não afetadas. Evidências recentes sugerem que pelo menos algumas formas de dislexia resultam de problemas no processamento e na ordenação da informação visual nos lobos occipital e temporal.

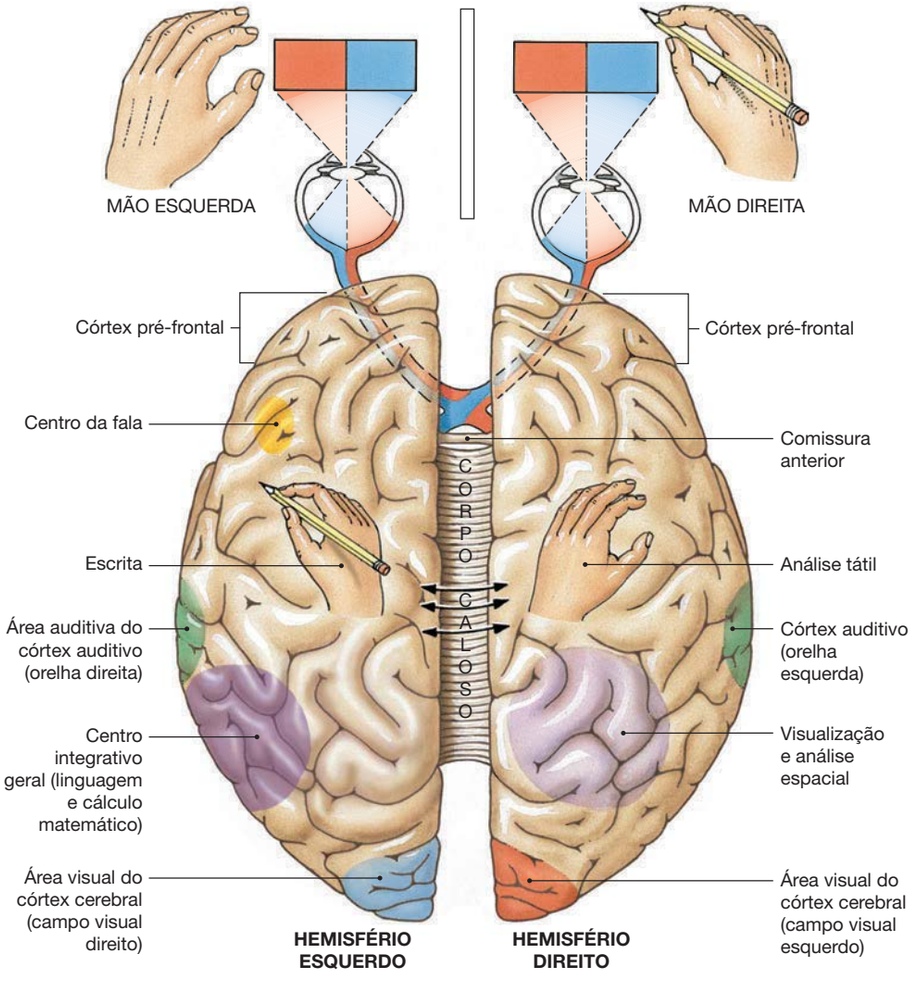


Figura 16.8 Especialização hemisférica.
Diferenças funcionais entre os hemisférios direito e esquerdo. Observe que as informações sensitivas especiais são transmitidas ao hemisfério cerebral do lado oposto do corpo. O Capítulo 18 mostrará detalhes adicionais destas vias.

a correspondência é menos precisa. Por exemplo, a área 1 de Brodmann está localizada no interior do córtex sensitivo primário.

Especialização dos hemisférios [Figuras 16.7a/16.8]

As áreas observadas na **Figura 16.7a** estão presentes em ambos os hemisférios cerebrais, mas as funções superiores não são igualmente distribuídas. A **Figura 16.8** indica as principais diferenças funcionais entre os hemisférios. Os centros superiores nos hemisférios direito e esquerdo apresentam funções diferentes, mas complementares. Algumas funções e capacidades motoras refletem primordialmente as atividades de um dos dois hemisférios cerebrais. Por exemplo, o centro da fala e a área integrativa geral estão normalmente situados no mesmo hemisfério cerebral, o qual é conhecido como **"hemisfério de caracterização"**, que é também denominado *hemisfério dominante* porque costuma determinar a dominância lateral; o hemisfério esquerdo é o hemisfério dominante na maioria das pessoas destras.

Em contrapartida, a percepção espacial, o reconhecimento de fisionomias, o contexto emocional da linguagem e a apreciação da música são próprios do **"hemisfério de representação"**, ou *hemisfério não-dominante.* O hemisfério cerebral direito analisa as informações sensitivas e relaciona o corpo com o meio externo. Áreas interpretativas nesse hemisfério permitem a identificação de objetos familiares pelas percepções de tato, olfato e paladar.

É interessante notar que pode haver uma ligação entre a dominância lateral e habilidades sensitivas e espaciais. Uma porcentagem bastante elevada de músicos e artistas é canhota; as atividades motoras complexas realizadas por estes indivíduos são dirigidas pelo córtex motor primário e por áreas de associação no hemisfério direito (de representação).

A especialização hemisférica não implica que os dois hemisférios sejam independentes; significa apenas que certos centros evoluíram para processar informações coletadas pelo sistema como um todo. A intercomunicação ocorre por meio de fibras comissurais, especialmente aquelas do corpo caloso. ∞ pág. 401 Somente o corpo caloso contém mais de 200 milhões de axônios, transmitindo aproximadamente 4 bilhões de impulsos nervosos por segundo!

Memória

A **memória** é uma função superior que envolve uma interação considerável entre o córtex cerebral e outras áreas do encéfalo. A memória é um processo de acesso a traços de informação armazenados, coletados pela experiência individual; esses traços de informação são denominados *memória* ou *engramas de memória.* Algumas memórias podem ser acessadas voluntariamente e expressas verbalmente, como quando você lembra e repete um número de telefone. Outras memórias são acessadas subconscientemente; por exemplo, quando faminto, você pode salivar ao sentir o cheiro de um alimento. Existe a *memória a curto prazo (recente* ou *de curta duração),* que dura de segundos a horas*, e a *memória a longo prazo (permanente* ou *de longa duração),* que pode permanecer por anos. Cada tipo de memória envolve diferentes estruturas anatômicas. A conversão de uma memória a curto prazo para uma a longo prazo é denominada *consolidação da memória.*

Dois componentes do sistema límbico, o corpo amigdalóide e o hipocampo, são essenciais para a consolidação da memória. ∞ págs. 401-404 Lesões em qualquer uma dessas áreas interferirão nessa consolidação. Uma lesão no hipocampo resulta na perda imediata da memória a curto prazo, embora as memórias a longo prazo permaneçam intactas e acessíveis. Os tratos que partem do corpo amigdalóide para o hipocampo podem associar memórias a emoções específicas. Um núcleo cerebral próximo ao diencéfalo, o *núcleo basilar,* apresenta função incerta no armazenamento e na recuperação da memória. Tratos neurais fazem conexão desse núcleo com o hipocampo, com o corpo amigdalóide e com todas as áreas do córtex cerebral. Uma lesão nesse núcleo está associada com alterações dos estados emocionais, da memória e da função intelectual. (Veja a discussão sobre doença de Alzheimer mais adiante neste capítulo.)

As memórias de longa duração são armazenadas no córtex cerebral. Memórias motoras e sensitivas conscientes são enviadas a áreas de associação apropriadas. Por exemplo, memórias visuais são armazenadas na área de associação visual e memórias da atividade motora voluntária são armazenadas no córtex pré-motor. Partes especiais dos lobos occipital e temporal retêm memórias de imagens faciais, som de vozes e pronúncia de palavras.

A **amnésia** refere-se à perda de memória por doença ou trauma. O tipo de perda de memória depende das áreas específicas do encéfalo afetadas. Lesões das áreas de associação sensitiva produzem perda da memória das sensações que chegam ao córtex sensitivo adjacente. Lesões das estruturas talâmicas e límbicas, especialmente o hipocampo, prejudicarão o armazenamento e a consolidação da memória. A amnésia pode ocorrer abrupta ou progressivamente, e a recuperação pode ser completa, parcial ou inexistente, dependendo do tipo do problema.

Na memória retrógrada (*retro*, atrás), o indivíduo perde a memória de eventos passados. Algum grau de amnésia retrógrada comumente ocorre após um traumatismo craniano; após um acidente de carro ou queda, muitas vítimas são incapazes de lembrar os momentos que precederam o acidente. Na memória anterógrada (*antero*, à frente), um indivíduo pode ser incapaz de reter memórias adicionais, mas as memórias anteriores permanecem intactas e acessíveis. O problema parece envolver uma incapacidade de gerar memórias a longo prazo. Algum grau de amnésia anterógrada é um sinal comum de senilidade, uma condição que será discutida posteriormente na página 447.

REVISÃO DOS CONCEITOS

1. Após sofrer um traumatismo craniano em um acidente de automóvel, Davi apresenta dificuldades de compreender o que ouve ou lê. Qual é a parte do encéfalo que pode estar prejudicada?

Nota clínica

Síndrome da desconexão inter-hemisférica A comunicação através do corpo caloso permite a integração de informações sensitivas e de comandos motores. Os dois hemisférios são significativamente diferentes em termos do processamento de suas atividades em andamento. Desta maneira, epilepsias intratáveis, às vezes, podem ser "curadas" pela secção do corpo caloso. Este procedimento cirúrgico produz os sintomas da **síndrome da desconexão inter-hemisférica**, ou **síndrome do cérebro dividido.** Nesta condição, os dois hemisférios funcionam de maneira independente, cada hemisfério permanecendo "alheio" aos estímulos ou comandos motores que envolvem o outro hemisfério. Isso resulta em um conjunto de alterações características nas habilidades do indivíduo. Por exemplo, objetos tocados com a mão esquerda podem ser reconhecidos, mas não identificados verbalmente, pois a informação sensitiva chega ao hemisfério direito e o centro da fala está localizado no hemisfério esquerdo. O objeto pode ser identificado verbalmente quando tocado pela mão direita, porém o indivíduo não será capaz de dizer se o objeto em questão é o mesmo tocado anteriormente pela mão esquerda. Este problema, relacionado à referência cruzada da informação sensitiva, aplica-se a todas as outras sensações.

Dois anos após a intervenção cirúrgica para secção do corpo caloso, as alterações comportamentais mais evidentes desaparecem, e o indivíduo pode apresentar resultados normais nos testes. Além disso, indivíduos que apresentam ausência funcional congênita do corpo caloso não apresentam déficits motores ou sensitivos evidentes. De alguma maneira, o SNC adapta-se à situação, provavelmente aumentando a quantidade de informações transmitidas através da comissura anterior.

* N. de R.T. Atualmente, a tendência é subdividi-la em memória imediata e recente.

2. Carlos apresenta dificuldades de fala; ele conversa continuamente, mas utiliza palavras incorretas. Qual é o centro ou área do encéfalo provavelmente envolvido(a)?
3. O que é consolidação de memória?
4. Gina não consegue executar funções intelectuais abstratas, como predizer as conseqüências futuras de seus atos. Que parte do encéfalo está afetada?

Veja a seção de Respostas na parte final do livro.

Consciência: o sistema ativador reticular ascendente [Figura 16.9 e Tabela 16.3]

Um indivíduo consciente é alerta e atento; um indivíduo inconsciente, não. A diferença é óbvia, mas existem graduações dos estados de consciência e de inconsciência (Tabela 16.3). O estado de consciência de um indivíduo é determinado por interações complexas entre o tronco encefálico e o córtex cerebral. Um dos mais importantes componentes do tronco encefálico é o **sistema ativador reticular ascendente (SARA)**, uma rede neuronal pouco definida na formação reticular. O SARA se estende do mesencéfalo até o bulbo (**Figura 16.9**). As informações que partem do SARA projetam-se por todo o córtex cerebral. Quando o SARA está inativo, também está inativo o córtex cerebral; a estimulação do SARA produz uma ativação disseminada do córtex cerebral. A função básica dessa ativação é manter o indivíduo consciente e alerta; se o nível de atividade cortical começa a declinar, a pessoa torna-se gradualmente mais letárgica, e por fim torna-se inconsciente.

A parte mesencefálica do SARA parece ser o centro de controle do sistema, e a estimulação desta área produz os efeitos mais pronunciados e mais duradouros no córtex cerebral. O estímulo de outras partes do SARA parece exercer efeitos somente enquanto ele altera a atividade da região mesencefálica. Quanto maior o estímulo na região mesencefálica do SARA, mais atento e alerta o indivíduo ficará às informações sensitivas. Núcleos associados no tálamo desempenham função de assistência focalizando a atenção em processos mentais específicos.

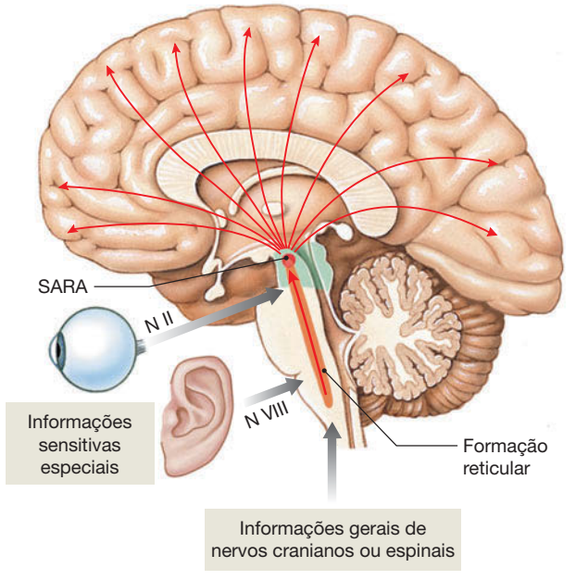


Figura 16.9 O sistema ativador reticular ascendente.
O centro de controle mesencefálico da formação reticular é o sistema ativador reticular ascendente (SARA). Ele recebe informações colaterais de várias vias sensitivas. A estimulação desta região produz e aumenta o estado de atenção.

Envelhecimento e sistema nervoso

O processo de envelhecimento afeta todos os sistemas do corpo, e o sistema nervoso não é uma exceção. Alterações anatômicas se iniciam logo após a maturidade (provavelmente aos 30 anos) e acumulam-se ao longo do tempo. Embora se estime que 85% dos idosos (acima de 65 anos) tenham vida relativamente normal, existem alterações evidentes no desempenho mental e no funcionamento do SNC.

Alterações anatômicas comuns no sistema nervoso relacionadas à idade incluem:

1. *Redução do tamanho e do peso do encéfalo:* Essa redução resulta principalmente de uma diminuição do volume do córtex cerebral. Encéfalos de indivíduos idosos têm giros mais estreitos e sulcos mais amplos do que aqueles de pessoas jovens, o que resulta em ventrículos e espaço subaracnóideo aumentados.
2. *Redução do número de neurônios*: A redução no tamanho do encéfalo tem sido associada a uma perda de neurônios corticais. No entanto,

Nota clínica

Níveis de consciência Indivíduos normais apresentam ciclos circadianos entre o estado de vigília (alerta) e o estado de sono (adormecido). A Tabela 16.3 indica o intervalo de variação entre os estados de consciência e inconsciência, desde o *delírio* até o *coma*. É importante compreender que esses estados são indicativos externos do nível de atividade do SNC. Quando a função do SNC torna-se anômala, o estado de consciência pode ser alterado e as modificações observáveis no paciente podem ser rapidamente detectadas pelos clínicos.

TABELA 16.3 Estados de consciência

Nível ou estado	Descrição
ESTADOS CONSCIENTES	
Delírio	Desorientação, inquietação, confusão, alucinações, agitação, alternância com outros estados de consciência; desenvolve-se rapidamente
Demência	Declínio progressivo em orientação espacial, memória, comportamento e linguagem
Confusão	Consciência reduzida; distrai-se facilmente, assusta-se facilmente por estímulos sensitivos, alternância entre letargia e excitabilidade; assemelha-se a formas brandas de estados de delírio
Consciência normal	Autoconsciente, percepção dos ambientes interno e externo, bem orientado e responsivo
Sonolência	Extrema letargia, mas responde normalmente aos estímulos
Estado vegetativo crônico	Consciente, mas não responsivo, sem evidência de função cortical
ESTADOS INCONSCIENTES	
Sono	Pode ser acordado mediante estímulos normais (toque leve, som, etc.)
Torpor	Pode ser acordado mediante estímulos extremos e/ou repetidos
Coma	Não pode ser acordado e não responde a estímulos (estados comatosos podem ser subdivididos, dependendo do grau de resposta reflexa aos estímulos)

essa perda neuronal é individual, não ocorrendo no mesmo grau nem em todos os núcleos do tronco encefálico.

3. *Diminuição do fluxo sangüíneo no encéfalo:* Com a idade, depósitos de gordura gradualmente se acumulam nas paredes dos vasos sangüíneos e reduzem o fluxo sangüíneo arterial. (Este processo, denominado *aterosclerose*, pode afetar artérias em todo o corpo e encontra-se descrito mais adiante no Capítulo 22.) O fluxo sangüíneo reduzido não causa um derrame cerebral, mas aumenta a probabilidade da ocorrência de acidente vascular encefálico isquêmico.
4. *Alterações na organização sináptica do encéfalo*: O número de ramificações dendríticas e de interconexões parece diminuir. À medida que as conexões sinápticas são perdidas, a taxa de produção de neurotransmissores diminui.
5. *Alterações intracelulares e extracelulares nos neurônios do SNC*: Muitos neurônios no encéfalo passam a acumular depósitos intracelulares anômalos. *Placas* são acúmulos extracelulares de uma proteína fibrilar incomum, o *amilóide*, circundada por dendritos e axônios anômalos. *Glomérulos neurofibrilares* são massas de neurofibrilas que formam matrizes densas no interior do corpo celular. O significado destas anomalias intracelulares e extracelulares ainda não foi determinado. Há evidências de que elas aparecem em todos os encéfalos em processo de envelhecimento, porém, quando presentes em excesso, parecem estar associadas a alterações clínicas.

Estas modificações anatômicas estão ligadas a uma série de alterações funcionais. Em geral, o processamento neuronal torna-se menos eficiente. Por exemplo, a consolidação da memória freqüentemente torna-se mais difícil e a acuidade dos sistemas sensitivos do idoso – notadamente a audição, o equilíbrio, a visão, o olfato e o paladar – diminui. A iluminação precisa ser aumentada, assim como a intensidade dos sons, e os odores devem ser mais fortes para que sejam percebidos. Os tempos de reação são mais lentos, e os reflexos – mesmo alguns reflexos monossinápticos – tornam-se mais fracos ou mesmo desaparecem. Ocorre uma diminuição na precisão do controle motor e há necessidade de dispêndio de tempo maior para realizar um determinado padrão motor, em comparação ao que se observava 20 anos antes. Para a maioria da população idosa, estas alterações não interferem na vida social. Mas, por motivos ainda desconhecidos, muitos indivíduos idosos tornam-se incapacitados pelas progressivas alterações no SNC. A *doença de Alzheimer* é sem dúvida a mais comum destas doenças incapacitantes.

REVISÃO DOS CONCEITOS

1. O que aconteceria com um indivíduo adormecido se o seu sistema ativador reticular ascendente (SARA) fosse estimulado subitamente?
2. Quais são as principais estruturas anatômicas no sistema nervoso central afetadas pelo envelhecimento?

Veja a seção de Respostas na parte final do livro.

Nota clínica

Doença de Alzheimer A **doença de Alzheimer** é uma doença crônica e progressiva, caracterizada por perda de memória e prejuízo das funções cerebrais superiores, incluindo raciocínio abstrato, julgamento e personalidade. É a causa mais comum de *demência senil* ou *senilidade*. Os sintomas podem surgir aos 50-60 anos de idade ou mais, embora ocasionalmente a doença acometa indivíduos mais jovens. A doença de Alzheimer tem um impacto disseminado. Nos Estados Unidos, estima-se que uma população de 4 milhões de pessoas apresentem a doença de Alzheimer – incluindo aproximadamente 3% dos indivíduos entre 65 e 70 anos de idade, sendo este percentual duplicado para cada 5 anos de envelhecimento, até cerca de 50% da população acima de 85 anos ou mais que apresenta alguma forma da doença. Acima de 230 mil vítimas demandam cuidados domiciliares de enfermagem, e a doença de Alzheimer causa mais de 53 mil mortes por ano.

A maioria dos casos de doença de Alzheimer está associada a elevadas concentrações de glomérulos neurofibrilares e placas no núcleo basilar, hipocampo e giro para-hipocampal. Estas áreas do encéfalo estão diretamente associadas ao processamento da memória. Ainda não foi determinado se estes depósitos são a causa da doença ou se são um sinal secundário de alterações metabólicas com base hereditária, infecciosa ou ambiental.

Na síndrome de Down e em algumas formas hereditárias da doença de Alzheimer, mutações que afetam genes no cromossomo 21 ou em uma pequena região do cromossomo 14 resultam no aumento do risco de manifestação precoce da doença. Outros fatores genéticos certamente desempenham papel importante. A forma tardia da doença tem sido relacionada a um gene no cromossomo 19, que codifica proteínas envolvidas no transporte do colesterol.

O diagnóstico envolve a exclusão de alterações metabólicas ou anatômicas que possam mimetizar a demência, uma história e um exame físico detalhados e uma avaliação da função mental. Os sintomas iniciais são sutis: mau humor, irritabilidade, depressão e uma diminuição global de energia. Esses sintomas são freqüentemente ignorados, pouco valorizados ou subestimados. Parentes idosos são vistos como indivíduos excêntricos ou irascíveis e a eles devemos nos adaptar sempre que possível.

Com a progressão da doença, no entanto, torna-se difícil ignorar ou simplesmente ajustar as situações criadas. Uma pessoa com doença de Alzheimer apresenta dificuldade de tomar decisões, mesmo as mais simples. Erros, algumas vezes perigosos, são cometidos, por um julgamento errôneo ou por esquecimento. Por exemplo, a pessoa pode acender o gás, colocar uma travessa no forno e ir para a sala. Duas horas depois, a travessa, ainda no forno, se derrete e inicia um incêndio.

Com a progressão da perda da memória, o problema torna-se mais grave. O indivíduo pode passar a não reconhecer parentes, esquecer seu próprio endereço, ou não saber mais como utilizar o telefone. A perda de memória começa mais comumente como uma incapacidade de armazenar memória de longa duração, seguida pela perda de armazenamento de memória recente. Finalmente, memórias básicas de longa duração, como o chamado do próprio nome, são perdidas. A perda de memória atinge habilidades intelectuais e motoras, e indivíduos com doença de Alzheimer em estado avançado apresentam dificuldade em realizar as mais simples tarefas motoras. Embora, a esta altura, as vítimas estejam relativamente alheias ao seu estado mental ou às suas habilidades motoras, a doença continua tendo efeitos emocionais devastadores sobre a família.

Indivíduos portadores da doença de Alzheimer mostram uma diminuição importante no número de neurônios corticais, especialmente nos lobos frontal e temporal. Esta perda está relacionada com uma produção inadequada de ACh no núcleo basilar. Axônios partindo desta região projetam-se para todo o córtex cerebral; quando a produção de ACh diminui, a função cortical piora.

Não há cura para a doença de Alzheimer, mas alguns medicamentos e suplementos retardam sua progressão em muitos pacientes e reduzem a necessidade de cuidados domiciliares de enfermagem. Os antioxidantes vitamina E e ginkgo biloba (nogueira-do-Japão) e o grupo de vitaminas B (ácido fólico, B_6 e B_{12}) ajudam alguns pacientes e podem impedir ou retardar a manifestação da doença. Drogas que aumentam os níveis de glutamato (um neurotransmissor no encéfalo) também produzem benefícios adicionais. As diversas toxicidades e os efeitos colaterais determinam a combinação de drogas a ser utilizada. Em camundongos, uma vacina reduziu os glomérulos e as placas no encéfalo e melhorou a capacidade de percorrer um labirinto. Uma pesquisa preliminar de uma vacina humana foi interrompida pelo surgimento de uma encefalite auto-imune em alguns pacientes tratados. A modificação da vacina pode eliminar este problema, permitindo estudos posteriores desta nova abordagem.

Nota clínica

Doenças vasculares encefálicas As **doenças vasculares encefálicas** são alterações circulatórias que interferem no suprimento sangüíneo normal para o encéfalo. A distribuição específica dos vasos envolvidos determinará os sintomas, enquanto o grau de carência de oxigênio e nutrientes determinará sua gravidade. Um derrame encefálico, ou **acidente vascular encefálico (AVE)**, ocorre quando o suprimento sangüíneo a uma parte do encéfalo é interrompido por um bloqueio vascular ou uma hemorragia*. Os neurônios afetados morrem em questão de minutos.

Os sintomas do AVE fornecem indicações a respeito do vaso e da parte do encéfalo envolvidos. Por exemplo, a artéria carótida interna penetra na cavidade do crânio por meio do canal carótico. Um dos ramos principais dessa artéria, a *artéria cerebral média,* é o local mais comum para a ocorrência de um AVE. Ramos superficiais conduzem sangue ao lobo temporal e a grandes áreas dos lobos frontal e parietal; ramos profundos nutrem os núcleos da base e partes do tálamo. Um AVE que causa o bloqueio da artéria cerebral média do lado esquerdo do encéfalo produz afasia, paralisia e anestesia do lado direito. Um indivíduo acometido por um AVE que afeta a artéria cerebral média do lado direito apresenta paralisia e anestesia do lado esquerdo e tem dificuldade para desenhar ou interpretar relações espaciais. AVEs que afetam vasos que suprem o tronco encefálico também produzem sintomas característicos; os que atingem a parte inferior do tronco encefálico freqüentemente são fatais. (Informações posteriores sobre causas, diagnóstico e tratamento dos AVEs serão encontradas no Capítulo 22.)

* N. de R.T. No primeiro caso temos o AVEI, ou acidente vascular encefálico isquêmico e, no segundo, o AVEH, ou acidente vascular encefálico hemorrágico.

TERMOS CLÍNICOS

Acidente vascular encefálico (AVE): Uma condição na qual o suprimento sangüíneo a uma parte do encéfalo é interrompido.

Afasia: Distúrbio que afeta a capacidade de fala ou leitura.

Amnésia: Perda temporária ou permanente da memória por doença ou trauma.

Anencefalia: Condição rara na qual o encéfalo não se desenvolve em níveis acima do mesencéfalo ou da parte inferior do diencéfalo.

Delírio: Estado consciente que envolve confusão e grandes oscilações no nível de consciência.

Demência: Estado crônico de alteração da consciência caracterizado por déficits de memória, orientação espacial, linguagem ou personalidade.

Dislexia: Alteração que afeta a compreensão e o uso das palavras escritas.

Doença de Alzheimer: Doença progressiva caracterizada pela perda das funções superiores.

Doença de Tay-Sachs: Doença resultante de uma anomalia genética que envolve o metabolismo dos *gangliosídeos.* Crianças afetadas parecem normais ao nascimento, mas a progressão dos sintomas inclui, tipicamente, fraqueza muscular, cegueira, crises epilépticas e morte, geralmente antes dos 4 anos de idade.

Doenças vasculares encefálicas: Alterações vasculares que interferem no suprimento arterial para o encéfalo.

Paralisia cerebral: Diversidade de alterações que afetam o desempenho motor voluntário, manifestando-se ao nascimento ou durante a infância e persistindo durante toda a vida do indivíduo afetado.

Síndrome da desconexão inter-hemisférica: Síndrome causada pela secção do corpo caloso, causando a separação dos dois hemisférios cerebrais. Cada hemisfério continua a funcionar de modo independente, e a mão direita, literalmente, não sabe o que a esquerda está fazendo.

RESUMO PARA ESTUDO

Introdução 432

1. Informações são transmitidas continuamente entre o encéfalo, a medula espinal e os nervos periféricos. A informação sensitiva é enviada aos centros processadores do SNC, e os neurônios motores controlam e ajustam as atividades dos efetuadores periféricos.

Vias sensitivas e motoras 432

1. Vias transmitem informações sensitivas e motoras entre o SNC, o SNP e sistemas e órgãos periféricos. Vias ascendentes (sensitivas) e descendentes (motoras) contêm uma cadeia de tratos e núcleos associados.

Vias sensitivas 432

2. Receptores sensitivos detectam mudanças no corpo ou no ambiente externo e transmitem tal informação ao SNC. Essa informação, denominada **sensação**, chega como potenciais de ação em uma fibra aferente (sensitiva). A resposta ao estímulo depende do local onde ocorre o processamento.
3. Neurônios sensitivos que transmitem as sensações ao SNC são denominados **neurônios de primeira ordem**. **Neurônios de segunda ordem** são os neurônios do SNC com os quais os neurônios de primeira ordem fazem sinapse. Esses neurônios, por sua vez, fazem sinapse com os **neurônios de terceira ordem** no tálamo. Os axônios dos neurônios de primeira ordem e os dos neurônios de segunda ordem cruzam para o lado oposto do SNC, em um processo denominado **decussação**. Assim, o hemisfério cerebral direito recebe informações sensitivas do lado esquerdo do corpo e vice-versa. (*ver Tabela 16.1*)
4. O **sistema do funículo posterior** transmite sensações de tato epicrítico, pressão e propriocepção (noção de posição). Os axônios ascendem no interior do **fascículo grácil** e **fascículo cuneiforme** e fazem sinapse, respectivamente, no núcleo grácil e no núcleo cuneiforme no interior do bulbo. Esta informação é, então, transmitida ao tálamo, pelo **lemnisco medial**. A decussação ocorre quando os neurônios de segunda ordem entram no lemnisco medial. (*ver Figuras 16.1/16.2 e Tabela 16.1*)
5. A natureza e a localização de qualquer estímulo são conhecidas porque a informação é projetada a uma parte específica do córtex sensitivo primário. A percepção de sensações, como o tato, depende de processamento no tálamo. A localização precisa é propiciada pelo córtex sensitivo primário. Um mapa funcional do córtex sensitivo primário é denominado **homúnculo sensitivo**. (*ver Figura 16.2*)
6. O **sistema ântero-lateral** transmite sensações de localização relativamente difusa de tato, pressão, dor e temperatura. Os axônios dos neurônios de segunda ordem decussam na medula espinal e ascendem nos **tratos espinotalâmicos anterior** e **lateral** para os núcleos ventrais póstero-laterais do tálamo. (*ver Figura 16.2 e Tabela 16.1*)
7. A **via espinocerebelar**, incluindo os **tratos espinocerebelares anterior** e **posterior**, transmite sensações, relacionadas com a posição dos músculos, tendões e articulações, para o cerebelo. (*ver Figuras 16.1/16.2 e Tabela 16.1*)

Vias motoras 436

8. Os comandos motores do SNC são emitidos em resposta à informação sensitiva. Esses comandos são distribuídos pela *parte somática do sistema nervoso (SNS)* para os músculos esqueléticos e pela *parte autônoma do sistema nervoso (SNA)* para os efetuadores viscerais. *(ver Figura 16.3)*
9. As vias motoras somáticas envolvem um **neurônio motor superior** (cujo corpo celular está localizado em um centro de processamento no SNC) e um **neurônio motor inferior** (localizado em um núcleo motor do tronco encefálico ou na medula espinal). O controle motor autônomo requer um **neurônio pré-ganglionar** (no SNC) e um **neurônio pós-ganglionar** (em um gânglio periférico). (*ver Figuras 16.3 a 16.5)*
10. Os neurônios do córtex motor primário são **células piramidais**; o **sistema corticofugal** fornece um mecanismo rápido e direto para o controle voluntário dos músculos esqueléticos. O sistema corticofugal consiste em três pares de tratos motores descendentes: (1) os *tratos corticonucleares*, (2) os *tratos corticospinais laterais* e (3) os *tratos corticospinais anteriores*. O mapa funcional do córtex motor primário é denominado **homúnculo motor**. (*ver Figura 16.4 e Tabela 16.2)*
11. Os **tratos corticonucleares** terminam nos núcleos motores dos nervos cranianos, controlando movimentos oculares, músculos faciais, músculos da língua, músculos do pescoço e músculos superficiais do dorso (*ver Figura 16.4a*)
12. Os **tratos corticospinais** fazem sinapse com os neurônios motores nas colunas anteriores da medula espinal e controlam movimentos do pescoço e tronco, e alguns movimentos coordenados do esqueleto axial. São visíveis ao longo da superfície anterior do bulbo como um par de elevações espessas, as **pirâmides**, onde a maior parte dos axônios decussa para entrar nos **tratos corticospinais laterais**. Os demais axônios não decussam e entram nos **tratos corticospinais anteriores**. Estas fibras cruzarão no interior da comissura cinzenta antes de fazer sinapse com neurônios motores nas colunas anteriores. (*ver Figura 16.4 e Tabela 16.2*)
13. Os **sistemas descendentes medial** e **lateral** consistem em vários centros que podem emitir comandos motores, como resultado do processamento realizado em um nível inconsciente e involuntário. Estas vias podem modificar ou coordenar padrões somáticos motores. As informações por elas liberadas podem descender no (1) *trato vestibulospinal,* (2) *trato tetospinal,* (3) *trato reticulospinal* ou (4) *trato rubrospinal. (ver Figuras 16.4/16.5 e Tabela 16.2)*
14. Os núcleos vestibulares recebem informações sensitivas de receptores da orelha interna por meio do nervo VIII. Esses núcleos emitem comandos motores para manter a postura e o equilíbrio. As fibras descem através dos **tratos vestibulospinais**. (*ver Figura 16.5 e Tabela 16.2*)
15. Comandos transmitidos pelos **tratos tetospinais** modificam a posição dos olhos, da cabeça, do pescoço e dos braços em resposta à luz intensa, a movimentos repentinos ou ruídos intensos. (*ver Figura 16.5 e Tabela 16.2*)
16. Comandos motores transmitidos pelos **tratos reticulospinais** variam conforme a região estimulada. A formação reticular recebe informações de quase todas as vias ascendentes e descendentes e de numerosas interconexões com o cérebro, o cerebelo e os núcleos do tronco encefálico. (*ver Figura 16.5 e Tabela 16.2*)
17. Os núcleos da base, o cerebelo e a formação reticular transmitem informações para o núcleo rubro. Os **tratos rubrospinais** conduzem comandos motores para neurônios motores inferiores que fornecem controle suplementar sobre músculos distais dos membros superiores. Em humanos, esses tratos são pequenos e de pouco significado em circunstâncias normais. (*ver Figura 16.5 e Tabela 16.2*)
18. Os **núcleos da base** ajustam comandos motores emitidos em outros centros de processamento. Eles não iniciam movimentos específicos, mas proporcionam um padrão básico uma vez tendo sido iniciados os movimentos. (*ver Figura 16.5 e Tabela 16.2*)
19. O **cerebelo** regula a atividade ao longo das vias conscientes (sistema corticofugal) e subconscientes (sistemas descendentes medial e lateral). As atividades de integração executadas pelos neurônios no córtex cerebelar e núcleos cerebelares são essenciais para o controle preciso dos movimentos voluntários e involuntários. Após o início do movimento voluntário, o cerebelo desencadeia a inibição das unidades motoras desnecessárias para completar o padrão da atividade. (*ver Figura 16.6*)

Níveis de controle motor somático 441

20. A informação sensitiva ascendente é liberada de um núcleo ou centro para outro, em uma série de etapas. Em cada etapa ao longo da via ocorre processamento da informação. As etapas de processamento são importantes, mas consomem tempo. Núcleos na medula espinal, no tronco encefálico e no cérebro trabalham juntos em vários reflexos complexos. (*ver Figura 16.6*)

Funções superiores 442

1. As funções superiores têm algumas características: elas (1) são executadas pelo córtex cerebral; (2) envolvem conexões complexas de fibras entre áreas do córtex cerebral e entre este e outras áreas do encéfalo; (3) envolvem processamento de informações conscientes e inconscientes; e (4) são sujeitas a modificações e ajustes ao longo do tempo. (*ver Figuras 16.7 a 16.9*)

Regiões de integração do córtex cerebral 443

2. Várias áreas corticais agem como centros superiores de integração para estímulos sensitivos e respostas motoras complexas. Esses centros incluem (1) a *área integrativa geral,* (2) o *centro da fala* e (3) o *córtex pré-frontal.* (*ver Figura 16.7*)
3. A **área integrativa geral** (*área gnósica*) recebe informação de todas as áreas de associação. Ela está presente em somente um hemisfério, geralmente o esquerdo. (*ver Figuras 16.7b/16.8*)
4. O **centro da fala** (*área de Broca*) regula os padrões de respiração e vocalização necessários para a atividade normal da fala. (*ver Figura 16.7b*)
5. O **córtex pré-frontal** coordena informação das áreas secundárias e áreas especiais de associação de todo o córtex e executa funções intelectuais abstratas. (*ver Figura 16.7b*)
6. Muitas áreas funcionais do córtex cerebral mostram um padrão característico de citoarquitetura, como descrito por Brodmann. (*ver Figura 16.7c*)

Especialização dos hemisférios 445

7. O hemisfério esquerdo é geralmente o **hemisfério de caracterização**; contém a área integrativa geral e o centro da fala e é responsável pelas habilidades básicas de linguagem. O hemisfério direito, ou **hemisfério de representação**, é responsável pelas relações espaciais e análise. (*ver Figuras 16.7/16.8*)

Memória 445

8. A **memória** é o processo de acessar traços de informações adquiridos através da experiência. Envolve uma considerável interação entre o córtex cerebral e outras áreas do encéfalo. *Memórias a curto prazo* permanecem por segundos ou horas; *memórias a longo prazo* podem permanecer por anos. A conversão de memória a curto prazo em memória a longo prazo é denominada *consolidação da memória.* O corpo amigdalóide e o hipocampo são essenciais para a consolidação da memória.

Consciência: o sistema ativador reticular ascendente 446

9. A consciência é determinada por interações entre o tronco encefálico e o córtex cerebral. Um dos componentes mais importantes do tronco encefálico é uma rede na formação reticular denominada **sistema ativador reticular ascendente (SARA)**. (*ver Figura 16.9 e Tabela 16.3*)

Envelhecimento e sistema nervoso 446

1. Alterações no sistema nervoso relacionadas à idade incluem: (1) *redução no tamanho e no peso do encéfalo,* (2) *redução do número de neurônios,* (3) *diminuição do fluxo sangüíneo para o encéfalo,* (4) *alterações na organização sináptica no encéfalo e* (5) *alterações intracelulares e extracelulares nos neurônios do SNC.*

REVISÃO DO CAPÍTULO

Nível 1 – Revisão de fatos e termos

Associe cada item numerado com a letra do item que melhor se relaciona. Utilize letras para as respostas nos espaços apropriados.

Coluna A	Coluna B
__ 1. decussação	a. segunda ordem
__ 2. sensitivo	b. dor, temperatura, tato protopático e pressão
__ 3. interneurônio	c. controle voluntário de músculo esquelético
__ 4. coluna posterior	d. integrativa geral
__ 5. espinotalâmico	e. aferente
__ 6. espinocerebelar	f. informação proprioceptiva
__ 7. sistema corticofugal	g. fala
__ 8. tratos tetospinais	h. cruzamento
__ 9. sistema descendente medial	i. mudança de posição relacionada a ruído
__10. área gnósica	j. comando motor subconsciente
__11. área de Broca	k. fascículos grácil e cuneiforme

12. Axônios ascendem no funículo posterior para atingir:
    (a) o núcleo grácil e o núcleo cuneiforme
    (b) o núcleo ventral do tálamo
    (c) o lobo posterior do cerebelo
    (d) o núcleo medial do tálamo

13. Qual das seguintes afirmações é verdadeira a respeito do sistema ântero-lateral?
    (a) seus neurônios fazem sinapse na coluna anterior da medula espinal
    (b) conduz sensações de tato, pressão e temperatura do encéfalo para estruturas periféricas
    (c) transmite informação sensitiva ao encéfalo, ocorrendo o cruzamento no tálamo
    (d) nenhuma das alternativas anteriores está correta

14. Qual das seguintes alternativas corresponde a um trato espinal no interior dos sistemas descendentes lateral e medial?
    (a) tratos vestibulospinais (b) tratos tetospinais
    (c) tratos reticulospinais (d) todas as anteriores

15. Axônios do trato corticospinal fazem sinapse nos:
    (a) núcleos motores de nervos cranianos
    (b) neurônios motores nas colunas anteriores da medula espinal
    (c) neurônios motores nas colunas posteriores da medula espinal
    (d) neurônios motores em gânglios próximos à medula espinal

16. Qual par de termos está corretamente associado?
    (a) lobotomia – habilidade para interpretar o que é lido ou escrito
    (b) área de Broca – centro da fala
    (c) córtex pré-frontal – lobo insular
    (d) área integrativa geral – conexões extensas com o sistema límbico

17. O cerebelo ajusta as atividades motoras voluntária e involuntária em resposta a cada uma das seguintes alternativas, exceto:
    (a) dados proprioceptivos (b) informação visual
    (c) informação do córtex cerebral (d) informação dos "centros vitais"

18. O estado de consciência depende do funcionamento adequado:
    (a) das áreas pré-frontais (b) da área integrativa geral
    (c) do sistema ativador reticular ascendente (d) do sistema límbico

19. Qual das seguintes é essencial para a consolidação da memória?
    (a) área 4 de Brodmann (b) núcleos da base
    (c) hipocampo (d) área pré-frontal

20. Cada uma das seguintes alternativas descreve algum aspecto da doença de Alzheimer, exceto:
    (a) é a causa mais comum de demência senil
    (b) ocorre mais freqüentemente em pacientes com AVE
    (c) está associada com a formação de placas e glomérulos neurofibrilares em partes do encéfalo envolvidas com a memória
    (d) é caracterizada por uma perda progressiva da memória

Nível 2 – Revisão de conceitos

1. A disfunção de qual componente neurológico faz uma pessoa que bebeu muito cambalear ao tentar andar?
    (a) núcleos cerebelares (b) tratos rubrospinais
    (c) lobos parietais (d) tratos tetospinais

2. Em qual parte do encéfalo espera-se encontrar um problema em uma pessoa disléxica?
    (a) núcleos da base (b) trato tetospinal
    (c) área de Broca (d) lobos occipitais

3. Que sintomas você associa com lesão do núcleo grácil do lado direito do bulbo?
    (a) incapacidade de perceber sensações de tato epicrítico no membro inferior esquerdo
    (b) incapacidade de perceber sensações de tato epicrítico no membro inferior direito
    (c) incapacidade de comandar atividades motoras refinadas envolvendo o ombro esquerdo
    (d) incapacidade de comandar atividades motoras refinadas envolvendo o ombro direito

4. No encéfalo de pessoas canhotas que apresentam grande habilidade em matemática:
    (a) a região analítica está mais freqüentemente localizada no hemisfério direito do que em relação às pessoas destras
    (b) a região analítica do encéfalo está localizada no hemisfério esquerdo em 90% dos casos
    (c) a área integrativa analítica está sempre localizada no hemisfério direito
    (d) o corpo caloso é extraordinariamente grande

5. Descreva a função dos neurônios de primeira ordem no SNC.

6. Por que as proporções do homúnculo sensitivo diferem das proporções normais do corpo?

7. Qual é o principal papel dos núcleos da base na função dos sistemas descendentes lateral e medial?

8. Como o cerebelo influencia as atividades motoras no corpo?

9. Onde está o centro da fala e quais são as suas funções?

10. Compare as ações coordenadas por comandos motores nos tratos vestibulospinais com aquelas coordenadas por comandos motores nos tratos reticulospinais.

Nível 3 – Pensamento crítico

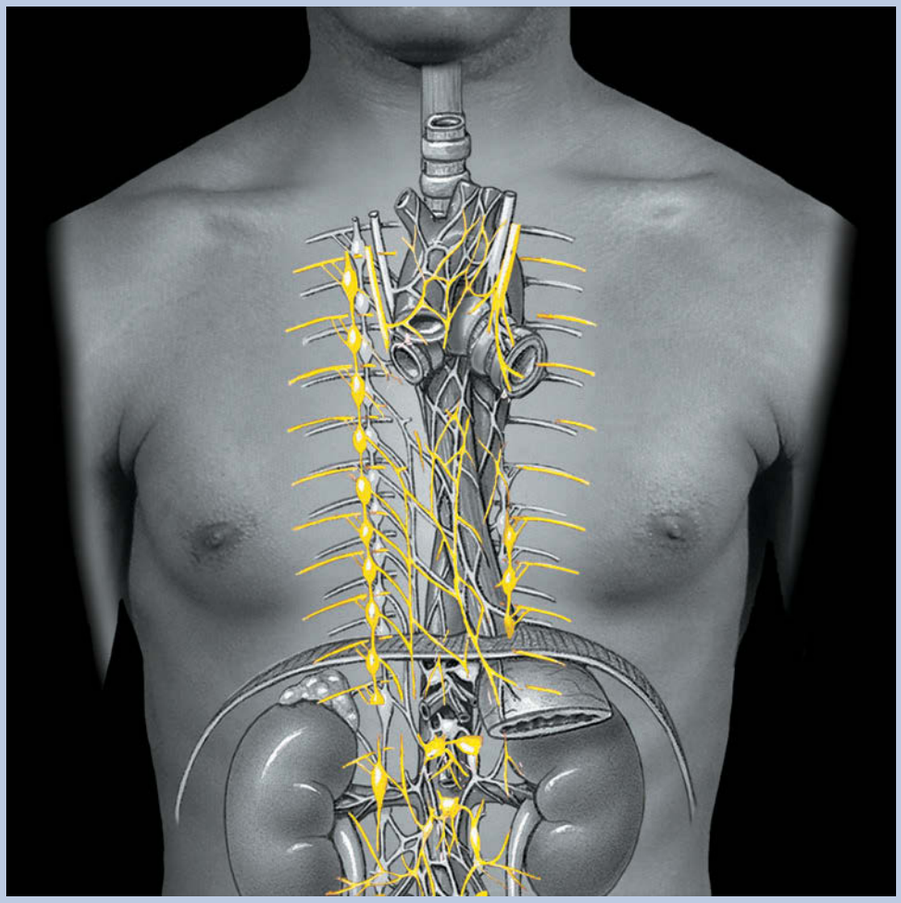
1. Sandra envolveu-se em um acidente de bicicleta e sofreu uma lesão no dorso. Ao ser examinada, o médico nota que ela não percebe sensações táteis (picadas de alfinete) na coxa esquerda e no membro inferior, mas tem sensibilidade normal em outros locais e não apresenta problemas de controle motor dos membros. O médico lhe diz acreditar que uma parte da medula espinal pode estar sendo comprimida e que isto é a causa dos sintomas. Onde poderia estar localizado tal problema?

2. Uma pessoa dá entrada em um hospital com sintomas de afasia e paralisia motora do lado direito do corpo. O que aconteceu provavelmente com este indivíduo e quais são as estruturas anatômicas mais provavelmente envolvidas?

17

O Sistema Nervoso

Sistema Nervoso Autônomo*



Introdução 452

Comparação dos sistemas nervosos somático e visceral 452

A parte simpática 453

A parte parassimpática 460

Relações entre as partes simpática e parassimpática 463

Integração e controle das funções autonômicas 464

OBJETIVOS DO CAPÍTULO:

1. Identificar as principais estruturas do sistema nervoso autônomo (SNA) e comparar as duas partes funcionais do SNA.
2. Descrever a anatomia da parte simpática e suas relações com a medula espinal e os nervos espinais.
3. Discutir os mecanismos de liberação de neurotransmissor pela parte simpática do sistema nervoso autônomo.
4. Descrever a anatomia da parte parassimpática e suas relações com o cérebro, os nervos cranianos e a parte sacral da medula espinal.
5. Discutir a relação entre as partes simpática e parassimpática e explicar as implicações da dupla inervação.
6. Descrever os níveis de integração e controle do sistema nervoso autônomo.

* N. de R.T. A Terminologia Anatômica oficial nomeia esta parte como **Divisão Autônoma do Sistema Nervoso**, evitando o nome Sistema Nervoso Autônomo (SNA), devido aos diversos conceitos existentes em relação a esta parte do sistema nervoso. Por estar consagrada a denominação SNA e por ser esta a citada no texto original, optamos por conservá-la na tradução.

Nossos pensamentos conscientes, planos e ações representam apenas uma pequena fração das atividades do sistema nervoso. Se toda a consciência fosse eliminada, os processos vitais fisiológicos ainda continuariam praticamente inalterados – uma noite de sono não é um evento que ameace a vida. Além disso, profundos estados de inconsciência não são necessariamente mais perigosos, desde que a nutrição do organismo seja providenciada. Indivíduos que sofreram graves traumatismos cranioencefálicos sobreviveram em coma durante décadas. A sobrevivência nestas circunstâncias é possível porque os ajustes rotineiros nos sistemas fisiológicos são realizados pelo sistema nervoso autônomo (SNA), independentemente de nossa percepção consciente. O SNA regula a temperatura corporal e coordena as funções cardiovasculares, respiratórias, digestivas, urinárias e reprodutoras. Assim o fazendo, ajusta a água, os eletrólitos, os nutrientes e as concentrações de gases dissolvidos nos líquidos corporais.

Este capítulo examina a estrutura anatômica e as partes do sistema nervoso autônomo. Cada parte tem uma organização anatômica e funcional característica. Nosso estudo sobre o SNA começará com a descrição das partes simpática e parassimpática. Então examinaremos, sumariamente, a maneira como essas partes mantêm e ajustam os vários sistemas orgânicos para se adequarem às necessidades fisiológicas corporais sempre variadas.

Comparação dos sistemas nervosos somático e visceral [Figuras 16.3/17.1]

É útil comparar a organização do sistema nervoso autônomo (SNA), que inerva os efetuadores viscerais, com o sistema nervoso somático (SNS), que foi discutido no Capítulo 16. Os axônios dos neurônios motores inferiores do sistema nervoso somático se prolongam do SNC para contatar e exercer controle direto sobre os músculos esqueléticos. pág. 436 O SNA, assim como o SNS, tem neurônios aferentes e eferentes. Como no SNS, a mensagem sensitiva aferente do SNA é processada no sistema nervoso central e, então, os impulsos eferentes são enviados aos órgãos efetuadores. Entretanto, no SNA, as vias aferentes se originam em receptores viscerais, e as vias eferentes se conectam a órgãos efetuadores viscerais.

Além da diferença na localização dos receptores e órgãos efetuadores, o sistema nervoso autônomo se diferencia do sistema nervoso somático quanto à disposição dos neurônios que conectam o sistema nervoso central aos órgãos eferentes (Figura 16.3). pág. 436 No SNA, o axônio de um neurônio motor visceral no SNC inerva um segundo neurônio localizado em um gânglio periférico. Esse segundo neurônio controla o efetuador periférico. Os neurônios motores viscerais no SNC, conhecidos como **neurônios pré-ganglionares**, emitem seus axônios, chamados de *fibras pré-ganglionares*, para fazer sinapse com **neurônios ganglionares**, cujos corpos celulares estão localizados fora do SNC, nos gânglios autonômicos. Os axônios que partem dos gânglios autonômicos são relativamente pequenos e amielínicos. Esses axônios são chamados de *fibras pós-ganglionares*, porque levam impulsos para longe do gânglio (por essa razão, alguns autores chamam esses neurônios de *pós-ganglionares*, embora estejam nos gânglios). As fibras pós-ganglionares inervam os tecidos e órgãos periféricos, como o músculo estriado cardíaco, os músculos lisos, o tecido adiposo e as glândulas.

Partes do SNA [Figura 17.1]

O SNA contém duas partes principais, a *parte simpática* e a *parte parassimpática* (Figura 17.1). Freqüentemente, as duas partes têm efeitos opostos; se a parte simpática causa excitação, a parte parassimpática causa inibição. Entretanto, isso nem sempre acontece porque (1) as duas partes podem agir independentemente, com algumas estruturas sendo inervadas apenas por uma parte, e (2) as duas partes podem agir juntas, cada uma controlando um estágio de um processo complexo. Geralmente, a parte parassimpática predomina em condições de repouso e a parte simpática contribui nos períodos de esforço, estresse ou emergência.

O SNA também inclui uma terceira parte da qual a maioria das pessoas nunca ouviu falar – *o sistema nervoso entérico** (SNE), uma extensa rede de neurônios e de nervos localizada nas paredes do trato digestório. Embora as atividades do sistema nervoso entérico sejam influenciadas pelas partes simpática e parassimpática, muitos reflexos viscerais complexos podem ser iniciados e coordenados localmente, sem instruções do SNC. Em conjunto, o SNE possui aproximadamente 100 milhões de neurônios – pelo menos a mesma quantidade que na medula espinal – e todos os neurotransmissores encontrados no encéfalo. Neste capítulo, concentraremo-nos nas partes simpática e parassimpática que integram e coordenam as funções viscerais em todo o corpo. Consideraremos, adiante neste capítulo, as atividades do sistema nervoso entérico quando discutirmos os reflexos viscerais e também quando estudarmos o controle das funções digestivas, no Capítulo 25.

Parte simpática (toracolombar) [Figura 17.1]

As fibras pré-ganglionares dos segmentos espinais torácicos e lombares superiores fazem sinapse em gânglios próximos à medula espinal. Estes axônios e gânglios constituem a **parte simpática**, ou **toracolombar**, do SNA (Figura 17.1). Essa parte é freqüentemente chamada de "sistema de alarme" ou "sistema de emergência"**, porque o aumento da atividade simpática em geral estimula o metabolismo tecidual, eleva o estado de alerta e prepara o organismo para enfrentar emergências.

Parte parassimpática (craniossacral) [Figura 17.1]

As fibras pré-ganglionares que se originam tanto do tronco encefálico (nervos cranianos III, VII, IX e X) quanto dos segmentos sacrais da medula espinal constituem a **parte parassimpática**, ou **craniossacral**, do SNA (Figura 17.1). As fibras pré-ganglionares fazem sinapse em neurônios de **gânglios terminais***** , localizados perto dos órgãos-alvo, ou em **gânglios intramurais***** (*murus*, parede), dentro dos tecidos dos órgãos-alvo. Essa parte é freqüentemente chamada de "sistema de repouso" ou "sistema de inação", porque conserva energia e promove atividades sedentárias, como a digestão.

Padrões de inervação

As partes simpática e parassimpática do SNA agem em seus órgãos-alvo por meio da liberação controlada de neurotransmissores pelas fibras pós-ganglionares. A atividade do órgão-alvo pode ser estimulada ou inibida, dependendo da resposta do receptor – situado no plasmalema – à presença do neurotransmissor. Três afirmações genéricas descrevem os neurotransmissores do SNA e seus efeitos:

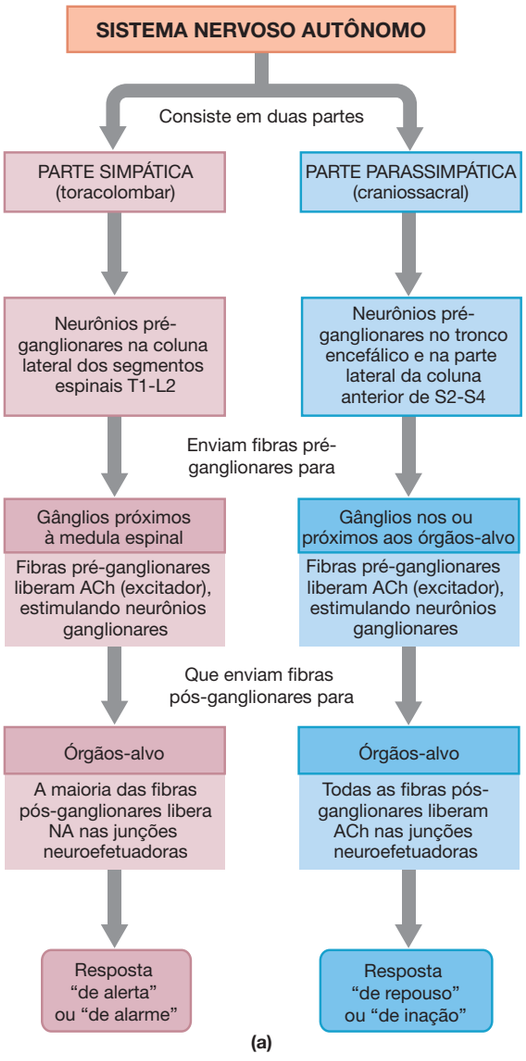
1. Todas as fibras autonômicas pré-ganglionares liberam acetilcolina (ACh) em suas sinapses terminais. Os efeitos são sempre excitadores.
2. As fibras pós-ganglionares parassimpáticas também liberam ACh, mas os efeitos podem ser excitadores ou inibidores, dependendo da natureza do receptor.

---

* N. de R.T. A Terminologia Anatômica oficial registra apenas as partes simpática e parassimpática na divisão autônoma do sistema nervoso. O sistema nervoso entérico, mencionado pelo autor no texto original, é referido como *plexo entérico*.

** N. de R.T. No original, "*fight ou flight*", ou "lutar ou fugir", designação mnemônica dada pelo fisiologista William Cannon à reação generalizada de alerta no organismo. Os fisiologistas não costumam traduzir essa expressão para o português, optando por designações como sistema de alerta, de alarme ou de emergência, o que adotamos na tradução.

*** N. de R.T. A Terminologia Anatômica não diferencia estes gânglios, denominando **gânglios viscerais** o conjunto de todos eles.



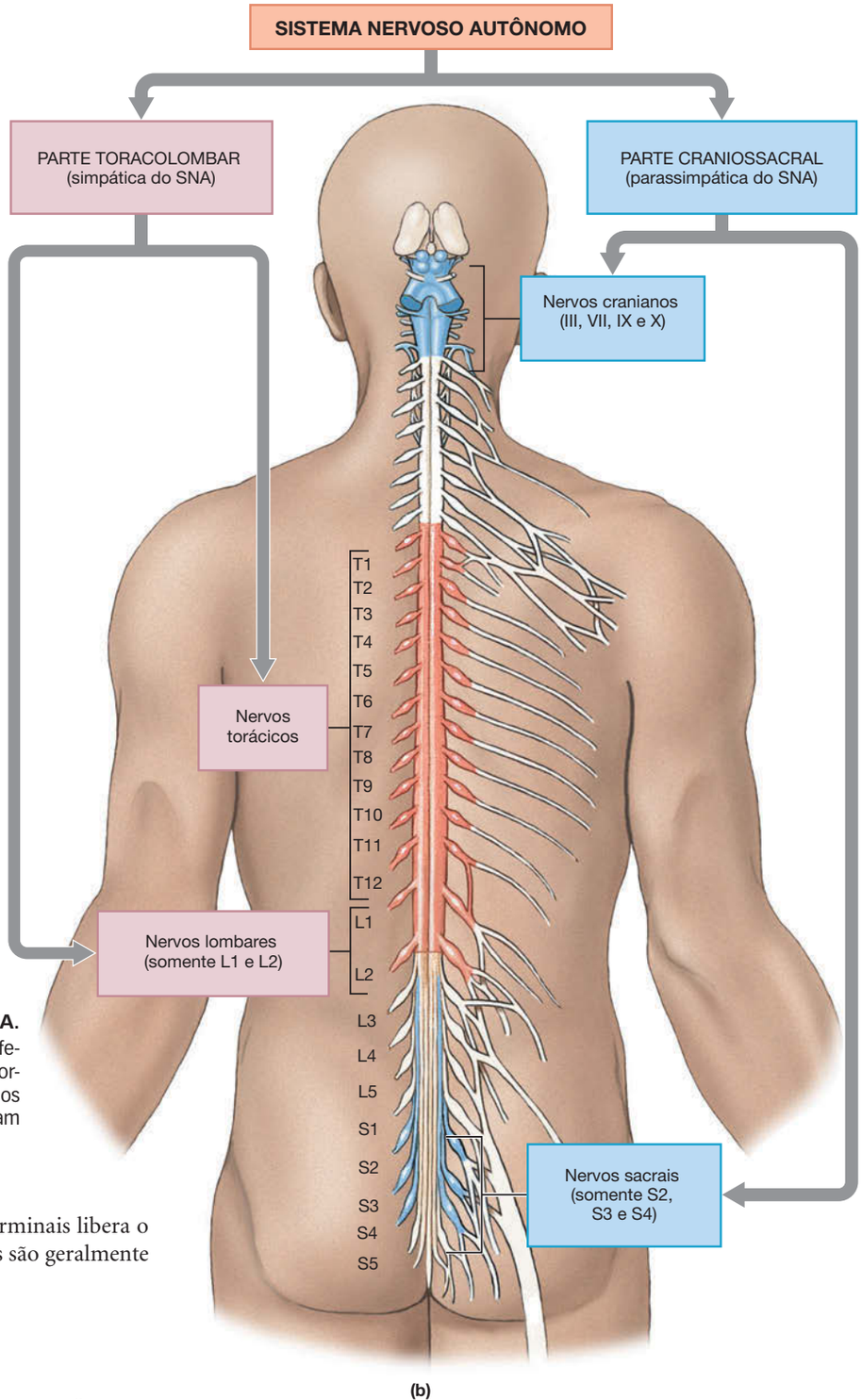


Figura 17.1 Componentes e partes anatômicas do SNA. **(a)** Componentes funcionais. **(b)** Partes anatômicas. As fibras eferentes viscerais que emergem nos níveis torácico e lombar formam a parte simpática, *mostrada em detalhes na Figura 17.4*. Nos níveis cranial e sacral, as fibras eferentes viscerais do SNC formam a parte parassimpática, *mostrada em detalhes na Figura 17.8*.

3. A maioria das fibras pós-ganglionares simpáticas terminais libera o neurotransmissor **noradrenalina*** (**NAd**). Os efeitos são geralmente excitadores.

REVISÃO DOS CONCEITOS

1. Descreva a(s) diferença(s) entre neurônios pré-ganglionares e ganglionares.
2. Cite as duas partes do sistema nervoso autônomo. Qual é o nome comum ou termo aplicado a cada uma?
3. Qual neurotransmissor é liberado pela maioria das fibras pós-ganglionares simpáticas terminais?
4. Que órgãos são inervados pelas fibras pós-ganglionares do sistema nervoso autônomo?

Veja a seção de Respostas na parte final do livro.

* N. de R.T. No original, *norepinephrine* (NE), ou norepinefrina (NE). Esta designação é comum nos Estados Unidos e na Inglaterra, mas na maioria dos países os fisiologistas e farmacologistas utilizam o termo noradrenalina (NA).

A parte simpática [Figura 17.2]

A parte simpática (**Figura 17.2**) consiste no seguinte:

1. *Neurônios pré-ganglionares localizados entre os segmentos T1 e L2 da medula espinal*: Os corpos celulares desses neurônios ocupam a coluna lateral entre T1 e L2, e seus axônios penetram nas raízes anteriores desses segmentos.
2. *Neurônios ganglionares localizados em gânglios próximos à coluna vertebral*: Há dois tipos de gânglios na parte simpática:

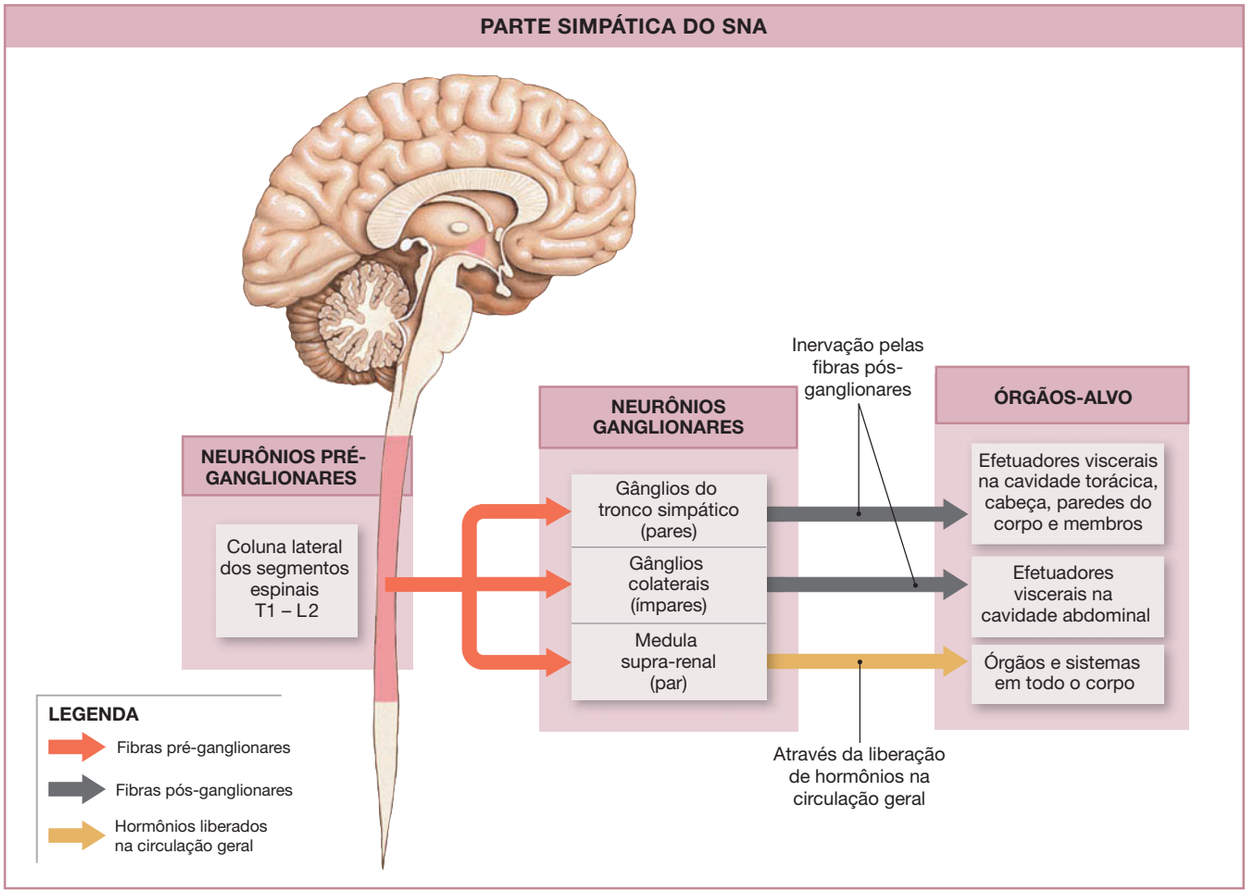


Figura 17.2 Organização da parte simpática do SNA.
Este esquema realça as relações entre os neurônios pré-ganglionares e ganglionares e entre os neurônios ganglionares e os órgãos-alvo.

- *Gânglios do tronco simpático*, também chamados de *gânglios paravertebrais* ou *gânglios laterais*, localizados lateralmente, de cada lado da coluna vertebral. Os neurônios nesses gânglios controlam efetuadores nas paredes do corpo, cabeça, pescoço, membros e no interior da cavidade torácica.
- *Gânglios colaterais*, também chamados de *gânglios pré-vertebrais*, localizados anteriormente à coluna vertebral. Os neurônios nesses gânglios inervam efetuadores na cavidade abdominal.

3. *Neurônios especializados no interior da glândula supra-renal*: O centro de cada glândula supra-renal, uma área conhecida como *medula supra-renal*, é um gânglio modificado. Aqui, os neurônios ganglionares têm axônios muito curtos que, quando estimulados, liberam neurotransmissores na corrente sangüínea, para serem distribuídos em todo o corpo como hormônios.

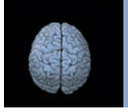
Os gânglios do tronco simpático

[Figuras 17.1a/17.2/17.3]

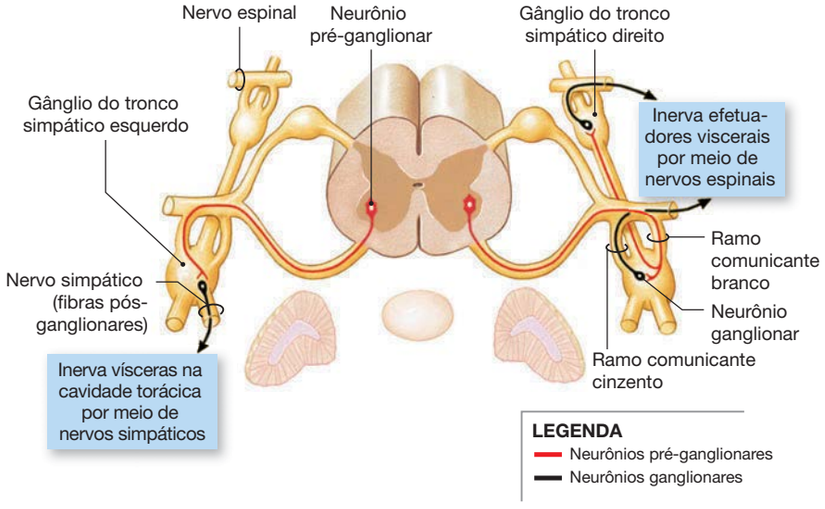
As raízes anteriores dos segmentos espinais T1 a L2 contêm fibras pré-ganglionares simpáticas. O padrão básico da inervação simpática nestas regiões foi mostrado na **Figura 17.1a**. Cada raiz anterior se une à raiz posterior correspondente, que leva fibras sensitivas aferentes, para formar um nervo espinal que passa através de um forame intervertebral. pág. 362 Assim que o nervo espinal atravessa o forame, emite um *ramo comunicante branco* (**Figura 17.3a**). O ramo comunicante branco leva fibras pré-ganglionares mielínicas para um gânglio do tronco simpático próximo a ele. As fibras que penetram no gânglio do tronco simpático podem ter três destinos: (1) elas podem fazer sinapse nos neurônios do gânglio do tronco simpático, no nível da sua penetração (**Figura 17.3a**); (2) elas podem ascender ou descender no tronco simpático e fazer sinapse em um gânglio em nível diferente; ou (3) elas podem passar pelo gânglio do tronco simpático sem fazer sinapse e seguir para um dos gânglios colaterais (**Figura 17.3b**) ou para a medula supra-renal (**Figura 17.3c**). Extensa divergência ocorre na parte simpática, com uma fibra pré-ganglionar fazendo sinapse com até 32 neurônios ganglionares. Os gânglios do tronco simpático são interconectados por fibras pré-ganglionares projetadas entre eles*, tornando o tronco simpático semelhante a uma fileira de contas ou um rosário. Cada gânglio no tronco simpático inerva um segmento particular do corpo ou um grupo de segmentos.

Se uma fibra pré-ganglionar levar comandos motores para estruturas na parede do corpo ou na cavidade torácica, ela fará sinapse em um ou mais gânglios do tronco simpático. Então, fibras pós-ganglionares amielínicas abandonam o tronco simpático e seguem para seus alvos periféricos, dentro de nervos espinais e de nervos simpáticos. Fibras pós-ganglionares que inervam estruturas na parede do corpo, como as glândulas sudoríferas da pele ou os músculos lisos nos vasos sangüíneos cutâneos, penetram pelo *ramo comunicante cinzento* e retornam ao nervo espinal para depois serem distribuídas. Entretanto, os nervos espinais não fornecem inervação motora para estruturas nas cavidades ventrais do corpo. As fibras pós-ganglionares que inervam vísceras na cavidade torácica, como o coração e os pulmões, seguem diretamente para seus alvos periféricos como nervos simpáticos. Esses nervos são geralmente nomeados de acordo com os órgãos-alvo, como no caso dos *nervos cardíacos* e dos *nervos esofágicos*.

* N. de R.T. Estas fibras formam segmentos chamados de **ramos interganglionares**.



(a) GÂNGLIOS DO TRONCO SIMPÁTICO



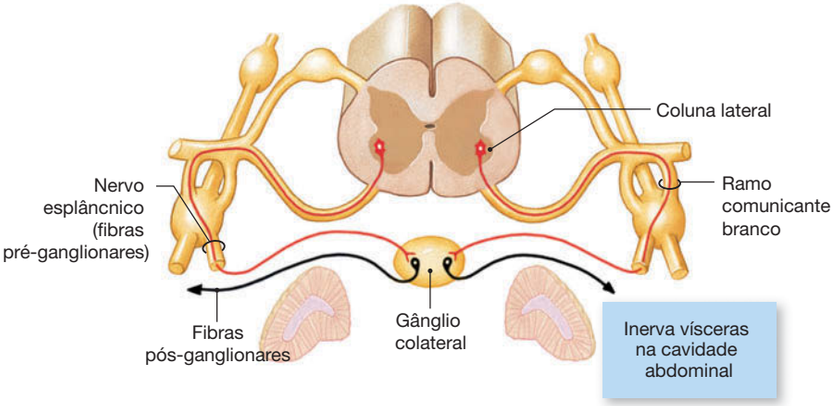
Principais efeitos produzidos por fibras pós-ganglionares simpáticas nos nervos espinais:

- Constrição de vasos sangüíneos cutâneos, redução na circulação para a pele e para muitos outros órgãos na parede do corpo
- Aceleração do fluxo sangüíneo para os músculos esqueléticos e para o encéfalo
- Estimulação da produção de energia e utilização desta pelo tecido muscular esquelético
- Liberação de lipídeos armazenados no tecido adiposo subcutâneo
- Estimulação da secreção das glândulas sudoríferas
- Estimulação dos músculos eretores do pêlo
- Dilatação das pupilas e focalização para objetos distantes

Principais efeitos produzidos por fibras pós-ganglionares que penetram na cavidade torácica por meio dos nervos simpáticos:

- Aceleração da freqüência cardíaca e aumento da força de contração do coração
- Dilatação das vias aéreas

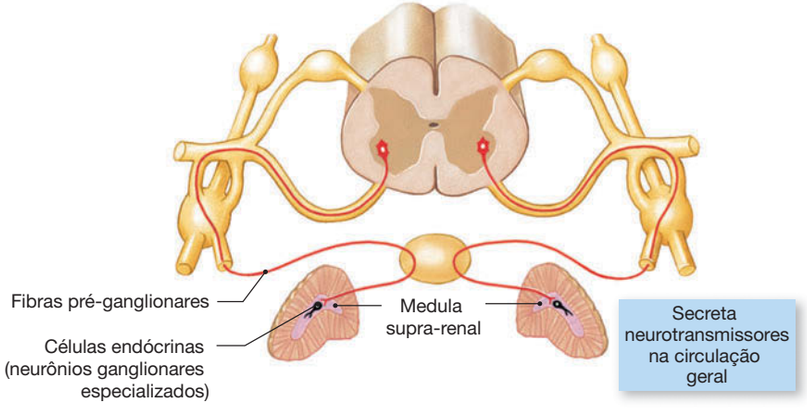
(b) GÂNGLIOS COLATERAIS



Principais efeitos produzidos por fibras pré-ganglionares que inervam os gânglios colaterais:

- Constrição de artérias de pequeno calibre e redução no fluxo de sangue para as vísceras
- Diminuição da atividade de glândulas e órgãos digestórios
- Estimulação da liberação de glicose das reservas de glicogênio hepático
- Estimulação da liberação de lipídeos do tecido adiposo
- Relaxamento da musculatura lisa na parede da bexiga urinária
- Redução da taxa de formação de urina nos rins
- Controle de alguns aspectos da função sexual, como a ejaculação nos homens

(c) MEDULA SUPRA-RENAL



Principais efeitos produzidos por fibras pré-ganglionares que inervam a medula supra-renal:

- Liberação de adrenalina e noradrenalina na circulação geral

Figura 17.3 Vias simpáticas e suas funções gerais.
Fibras pré-ganglionares deixam a medula espinal usando a raiz anterior dos nervos espinais. Elas fazem sinapse nos neurônios ganglionares **(a)** nos gânglios do tronco simpático, **(b)** nos gânglios colaterais ou **(c)** na medula supra-renal. As seções da figura são mostradas nas suas vistas inferiores, o formato-padrão para tomografias e secções do sistema nervoso.

Funções do tronco simpático [Figura 17.3a]

Os resultados primários do aumento de atividade nas fibras pós-ganglionares que deixam os gânglios do tronco simpático, nos nervos espinais ou nos nervos simpáticos, estão resumidos na **Figura 17.3a**. Geralmente, as respostas das células-alvo ajudam a preparar o indivíduo para uma crise que irá exigir uma atividade física súbita e intensa.

Anatomia do tronco simpático [Figura 17.4]

Cada tronco simpático possui 3 gânglios cervicais, 11 a 12 torácicos, 2 a 5 lombares, 4 a 5 sacrais e 1 gânglio simpático coccígeo. O número de gânglios pode variar porque gânglios adjacentes podem se fundir. Por exemplo, os gânglios coccígeos de cada lado geralmente se fundem para formar um único gânglio mediano, o *gânglio ímpar*, enquanto o gânglio cervical inferior e o primeiro gânglio torácico, de cada lado, ocasionalmente se fundem para formar um *gânglio cervicotorácico*, ou *gânglio estrelado*. Os neurônios pré-ganglionares simpáticos estão limitados aos segmentos T1-L2 da medula espinal, e os nervos espinais desses segmentos têm ramos comunicantes brancos (fibras pré-ganglionares) e cinzentos (fibras pós-ganglionares). Os neurônios nos gânglios cervicais, lombares inferiores e sacrais do tronco simpático são inervados por fibras pré-ganglionares que se estendem ao longo do eixo do tronco simpático. Por sua vez, esses gânglios do tronco simpático fornecem fibras pós-ganglionares, por meio de ramos comunicantes cinzentos, para os nervos espinais cervicais, lombares e sacrais. *Cada nervo espinal tem um ramo comunicante cinzento que leva fibras pós-ganglionares simpáticas.* Cerca de 8% dos axônios em cada nervo espinal são fibras pós-ganglionares simpáticas. Os ramos anterior e posterior dos nervos espinais fornecem ampla inervação simpática para estruturas na parede do corpo e para os membros. Na cabeça, as fibras pós-ganglionares que partem dos gânglios cervicais do tronco simpático suprem as regiões e estruturas inervadas pelos nervos cranianos III, VII, IX e X (**Figura 17.4**).

Em resumo: (1) somente os gânglios torácicos e lombares superiores recebem fibras pré-ganglionares dos ramos comunicantes brancos; (2) os gânglios cervicais, lombares inferiores e sacrais do tronco simpático recebem inervação pré-ganglionar proveniente dos segmentos torácicos e lombares superiores, por meio de fibras pré-ganglionares que ascendem e descendem ao longo do tronco simpático; e (3) todo nervo espinal recebe um ramo comunicante cinzento de um gânglio do tronco simpático.

Esta disposição anatômica tem conseqüências funcionais interessantes. Se as raízes anteriores de nervos espinais torácicos forem lesadas, não haverá atividade motora simpática, no lado afetado, na cabeça, no pescoço e no tronco. Ainda que a lesão às raízes anteriores dos nervos espinais cervicais resulte em paralisia dos músculos voluntários no lado afetado, *a ação simpática permanecerá íntegra*, porque as fibras pré-ganglionares, que inervam os gânglios cervicais, se originam dos ramos comunicantes dos segmentos torácicos, que não estão lesados.

Os gânglios colaterais [Figuras 17.3b/17.4]

As fibras pré-ganglionares que regulam as atividades das vísceras abdominopélvicas se originam dos neurônios pré-ganglionares nos segmentos torácico inferior e lombar superior da medula espinal. Essas fibras atravessam o tronco simpático sem fazer sinapse e convergem para formar os **nervos esplâncnicos maior**, **menor** e **lombares**, na parede posterior da cavidade abdominal. Os nervos esplâncnicos de ambos os lados do corpo convergem para os gânglios colaterais (**Figuras 17.3b**/**17.4**), que são variáveis em sua aparência e estão localizados anterior e lateralmente à parte descendente da aorta. Esses gânglios são estruturas quase sempre ímpares, em vez de pares.

Funções dos gânglios colaterais [Figura 17.3b]

As fibras pós-ganglionares que se originam nos gânglios colaterais se estendem por toda a cavidade abdominopélvica, inervando os tecidos viscerais e as vísceras. Um resumo dos efeitos do aumento da atividade simpática dessas fibras pós-ganglionares é apresentado na **Figura 17.3b**. O padrão geral é (1) uma redução do fluxo sangüíneo, utilização de energia e ação de vísceras que não são importantes para a sobrevivência a curto prazo (como as do trato digestório) e (2) a liberação de reservas de energia armazenadas.

Nota clínica

Hipersensibilidade e função simpática Duas condições clínicas interessantes resultam da interrupção da função simpática normal. Na **síndrome de Bernard-Horner**, a inervação pós-ganglionar simpática para um dos lados da face está interrompida. A interrupção pode resultar de lesão, tumor ou patologia progressiva, como a esclerose múltipla. O lado afetado da face torna-se vermelho, conforme o tono vascular diminui. A secreção de suor desaparece nesta região e a pupila deste lado torna-se marcadamente constrita. Outros sintomas incluem ptose (queda) palpebral e uma aparente retração do olho dentro da órbita (enoftalmia).

O **fenômeno primário de Raynaud**, também chamado de **doença de Raynaud**, afeta com mais freqüência mulheres jovens. Nesta patologia, por motivos ainda desconhecidos, o sistema simpático temporariamente emite comandos para uma excessiva vasoconstrição em artérias de pequeno calibre, localizadas na periferia do corpo (extremidades), geralmente em resposta a baixas temperaturas. Mãos, pés, orelhas e nariz ficam privados de sua circulação sangüínea normal, e a pele nestas regiões muda de cor, tornando-se inicialmente pálida, mas depois desenvolvendo tonalidade cianótica. Uma coloração vermelha termina o ciclo, quando o fluxo sangüíneo retorna ao normal. Os sintomas podem se disseminar a áreas adjacentes conforme a disfunção progride. Na maioria dos casos, não há lesão tecidual, embora, em raros casos, o fluxo sangüíneo diminuído por tempo prolongado possa deformar a pele e as unhas, até mesmo progredindo para úlceras cutâneas ou necrose tecidual mais extensa (gangrena seca).

Mudanças comportamentais, como evitar ambientes frios ou usar luvas e outras peças de vestuário para proteção, geralmente podem reduzir a freqüência de ocorrência do evento. Parar de fumar e evitar drogas que possam causar vasoconstrição também pode ser benéfico. Drogas que evitam a vasoconstrição (vasodilatadores) podem ser usadas se os passos de prevenção citados anteriormente se mostrarem infrutíferos.

Traumatismos como enregelamento (úlcera produzida por frio) ou lesão repetitiva causada por uso crônico de máquinas vibradoras podem causar sintomas da síndrome de Raynaud. Os sintomas também podem aparecer em indivíduos com doença arterial e em patologias do tecido conectivo, como esclerodermia, artrite reumatóide e lúpus eritematoso sistêmico (LES). Estas formas secundárias da síndrome de Raynaud geralmente melhoram com o tratamento da doença de base.

A simpatectomia regional, seccionando as fibras que fornecem inervação simpática a áreas afetadas, pode eventualmente ser benéfica. Em circunstâncias normais, o tono simpático fornece aos efetuadores um nível basal de estimulação. Após a abolição da inervação simpática, os efetuadores periféricos podem se tornar extremamente sensíveis à adrenalina ou noradrenalina. Esta hipersensibilidade pode produzir alterações extremas no tono vascular e em outras funções, após estimulação da medula supra-renal. Se a simpatectomia envolver a secção de fibras pós-ganglionares, a hipersensibilidade à noradrenalina e adrenalina circulantes pode eliminar os efeitos benéficos. O prognóstico melhora se as fibras pré-ganglionares também forem seccionadas, porque os neurônios ganglionares continuarão a liberar pequenas quantidades de neurotransmissor através de sinapses neuromusculares ou neuroglandulares. Esta liberação impede que os efetuadores periféricos se tornem hipersensíveis.

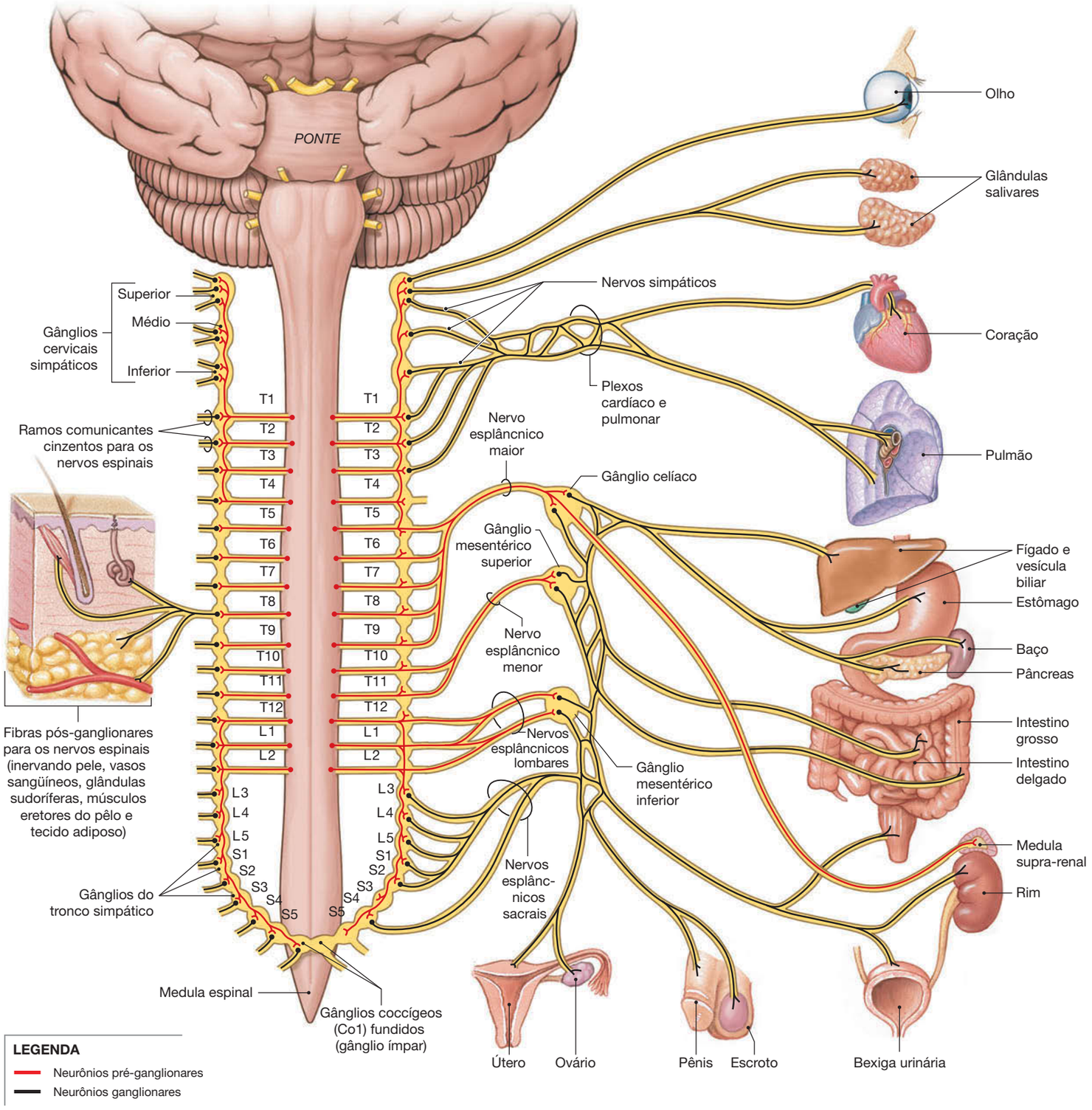


Figura 17.4 Distribuição anatômica das fibras pós-ganglionares simpáticas.
O lado esquerdo da figura mostra a distribuição das fibras pós-ganglionares simpáticas através dos ramos comunicantes cinzentos e nervos espinais. O lado direito mostra a distribuição das fibras pré-ganglionares e pós-ganglionares que inervam as vísceras. Entretanto, ambos os padrões de inervação são encontrados em cada lado do corpo.

Anatomia dos gânglios colaterais [Figuras 17.4/17.9]

Os nervos esplâncnicos (maior, menor, lombares e sacrais) inervam três gânglios colaterais. As fibras pré-ganglionares dos sete segmentos torácicos inferiores terminam no **gânglio celíaco** e no **gânglio mesentérico superior**. Esses gânglios estão implantados em uma ampla rede frouxa de fibras nervosas denominada *plexo visceral**. As fibras pré-ganglionares dos segmentos lombares formam nervos esplâncnicos que terminam no **gânglio mesentérico inferior**. Esses gânglios estão esquematizados na Figura

* N. de R.T. No original, *autonomic*, ou autonômico, denominação não consignada na Terminologia Anatômica.

17.4 e mostrados em detalhe na Figura 17.9, pág. 463. Os nervos esplâncnicos sacrais terminam no *plexo hipogástrico*, um plexo visceral que supre as vísceras pélvicas e os órgãos genitais externos.

O gânglio celíaco As fibras pós-ganglionares do gânglio celíaco inervam o estômago, o duodeno, o fígado, a vesícula biliar, o pâncreas e o baço. O gânglio celíaco tem aspecto variável. Na maioria das vezes, consiste em um par de massas de substância cinzenta interconectadas, situadas na emergência do *tronco celíaco*. O gânglio celíaco também pode formar uma massa única, a partir de pequenas e numerosas massas entrelaçadas.

O gânglio mesentérico superior Este gânglio está localizado próximo à emergência da *artéria mesentérica superior*. As fibras pós-ganglionares do gânglio mesentérico superior inervam o intestino delgado e os segmentos iniciais do intestino grosso.

O gânglio mesentérico inferior Este gânglio está localizado próximo à emergência da *artéria mesentérica inferior*. As fibras pós-ganglionares deste gânglio fornecem inervação simpática para os segmentos terminais do intestino grosso, rim, bexiga urinária e órgãos genitais.

A medula supra-renal [Figuras 17.3c/17.4/17.5]

Algumas fibras pré-ganglionares, originadas entre T5 e T8, passam pelo tronco simpático e pelo gânglio celíaco sem fazer sinapse e seguem em direção à **medula supra-renal** (Figuras 17.3c/17.4/17.5). Aí, essas fibras pré-ganglionares fazem sinapse em neurônios modificados que desempenham função endócrina. Esses neurônios têm axônios muito curtos. Quando estimulados, eles liberam os neurotransmissores *adrenalina* (A) e *noradrenalina* (NA) em uma ampla rede de capilares (Figura 17.5). Então, os neurotransmissores atuam como hormônios, exercendo seus efeitos em outras regiões do corpo. A adrenalina, também chamada de *epinefrina*, constitui 75 a 80% da eferência secretora; o restante é composto de noradrenalina (*norepinefrina*).

O sangue circulante então distribui esses hormônios por todo o corpo. Isso causa alterações nas atividades metabólicas de muitas células diferentes. Geralmente, os efeitos lembram aqueles produzidos pela estimulação das fibras pós-ganglionares simpáticas, mas eles diferem em dois aspectos: (1) as células não inervadas por fibras pós-ganglionares simpáticas são afetadas pelos níveis de adrenalina e noradrenalina circulantes, se elas possuírem receptores para estas moléculas; e (2) os efeitos duram muito mais tempo do que os produzidos pela inervação simpática direta, porque os hormônios liberados continuam a se difundir para fora do sangue circulante por um tempo prolongado.

Efeitos da estimulação simpática

A parte simpática pode alterar as atividades orgânicas e teciduais, quer pela liberação de noradrenalina nas sinapses periféricas, quer distribuindo noradrenalina e adrenalina por todo o corpo, por meio da corrente sangüínea. As fibras motoras que se dirigem para efetuadores específicos, como fibras musculares lisas nos vasos sangüíneos cutâneos, podem ser ativadas em reflexos que não envolvem outros efetuadores periféricos. Em uma crise, entretanto, toda a parte simpática responde. Este evento, chamado de **ativação simpática**, afeta os tecidos periféricos e altera a atividade do SNC. A ativação simpática é controlada por centros simpáticos no hipotálamo.

Quando a ativação simpática ocorre, o indivíduo experimenta o seguinte:

1. Elevação do estado de alerta, por meio da estimulação do sistema ativador reticular ascendente (SARA), fazendo com que o indivíduo sinta-se "ansioso".
2. Um sentimento de energia e euforia, freqüentemente associado ao desprezo pelo perigo e a uma temporária insensibilidade a estímulos dolorosos.
3. Aumento da atividade dos centros cardiovasculares e respiratórios da ponte e do bulbo, levando ao aumento da freqüência cardíaca e da força de contração do coração e a elevações na pressão arterial, na freqüência e na profundidade da respiração.

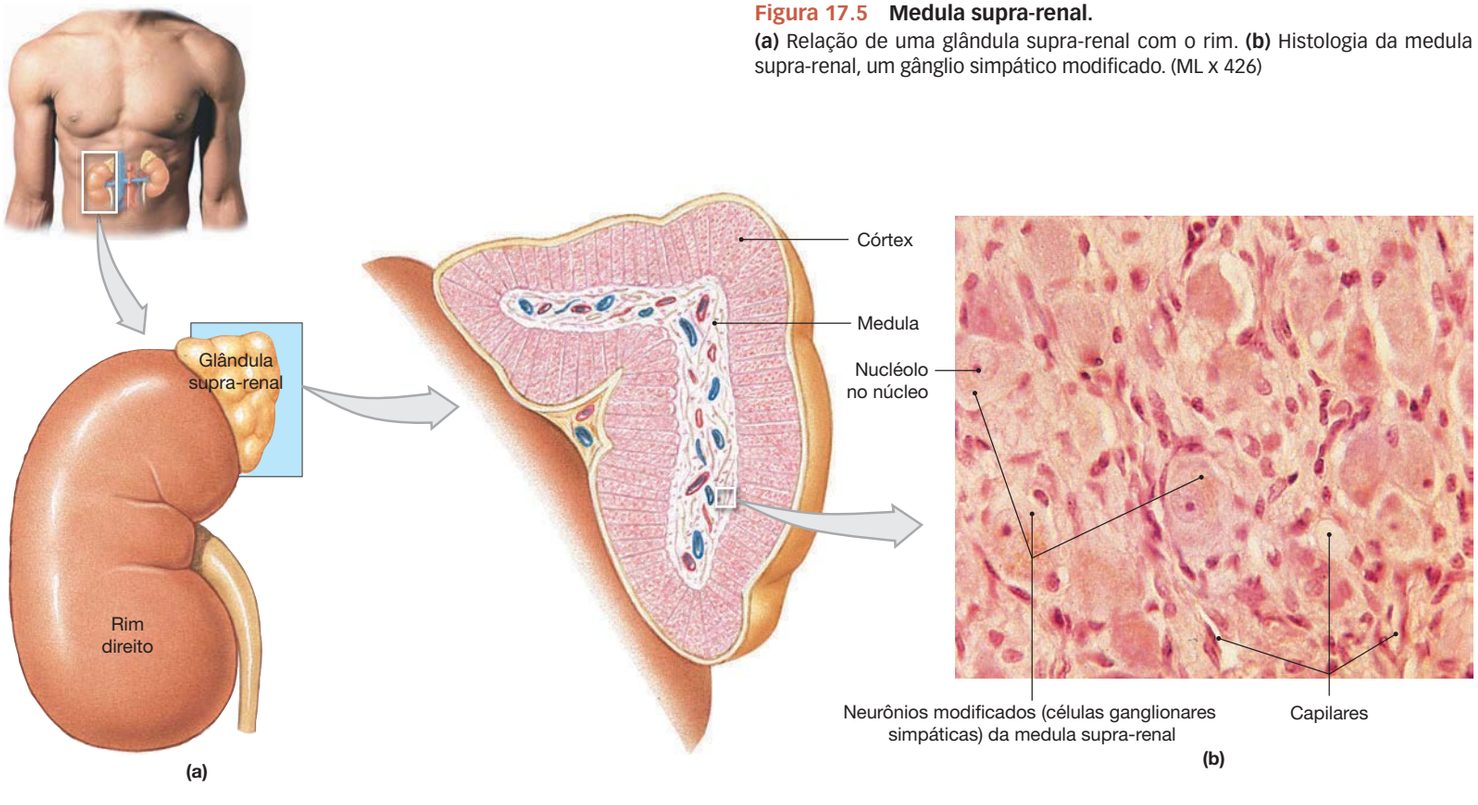


Figura 17.5 Medula supra-renal.
(a) Relação de uma glândula supra-renal com o rim. **(b)** Histologia da medula supra-renal, um gânglio simpático modificado. (ML x 426)

4. Uma elevação geral no tono muscular por meio da estimulação do sistema extrapiramidal, de tal maneira que a pessoa *parece* tensa e pode até mesmo começar a tremer.
5. A mobilização das reservas de energia, por meio da degradação acelerada do glicogênio nas células musculares e no fígado e da liberação de lipídeos pelos tecidos adiposos.

Estas alterações, associadas às mudanças periféricas já citadas, completam as preparações necessárias para que o indivíduo possa enfrentar situações estressantes e potencialmente perigosas. Consideraremos agora as bases celulares dos efeitos gerais da ativação simpática nos órgãos periféricos.

Ativação simpática e liberação de neurotransmissor [Figura 17.6]

Quando estão ativas, as fibras pré-ganglionares simpáticas liberam ACh ao fazer sinapse com neurônios ganglionares. Estas são sinapses *colinérgicas.* ∞ págs. 354-355 A ACh liberada sempre estimula os neurônios ganglionares. Esta estimulação de neurônios ganglionares geralmente leva à liberação de noradrenalina nas junções neuroefetuadoras. Estas terminações simpáticas são chamadas de *adrenérgicas.* A parte simpática também contém um número pequeno, mas significativo, de neurônios ganglionares que liberam ACh, em vez de NA, nas suas junções neuroefetuadoras. Por exemplo, a ACh é liberada nas junções neuroefetuadoras simpáticas na parede do corpo, na pele e nos músculos esqueléticos.

A **Figura 17.6** representa, em detalhes, uma junção neuroefetuadora simpática. Em vez de terminar em um único botão sináptico, os telodendros formam uma ampla rede ramificada. Cada ramo lembra uma fileira de contas, e cada conta, ou **varicosidade**, encerra mitocôndrias e vesículas de neurotransmissores. Essas varicosidades passam ao longo ou próximo à superfície de muitas células efetuadoras. Um único axônio pode fornecer 20.000 varicosidades que podem afetar dezenas de células adjacentes. Proteínas receptoras estão dispersas na maioria das membranas plasmáticas pós-sinápticas, e não há membranas plasmáticas pós-sinápticas especializadas.

Os efeitos do neurotransmissor liberado pelas varicosidades persistem pelo menos por alguns segundos antes que este seja reabsorvido, degradado por enzimas ou removido por difusão na corrente sangüínea. Ao contrário, os efeitos da adrenalina ou noradrenalina secretada pela medula supra-renal são muito mais prolongados porque (1) a corrente sangüínea não contém as enzimas que degradam a adrenalina ou noradrenalina e (2) a maioria dos tecidos contém concentrações relativamente baixas dessas enzimas. Como resultado, a estimulação supra-renal causa efeitos disseminados, cuja duração é relativamente longa. Por exemplo, as concentrações teciduais de adrenalina podem permanecer elevadas por até 30 segundos, e os efeitos podem persistir por vários minutos.

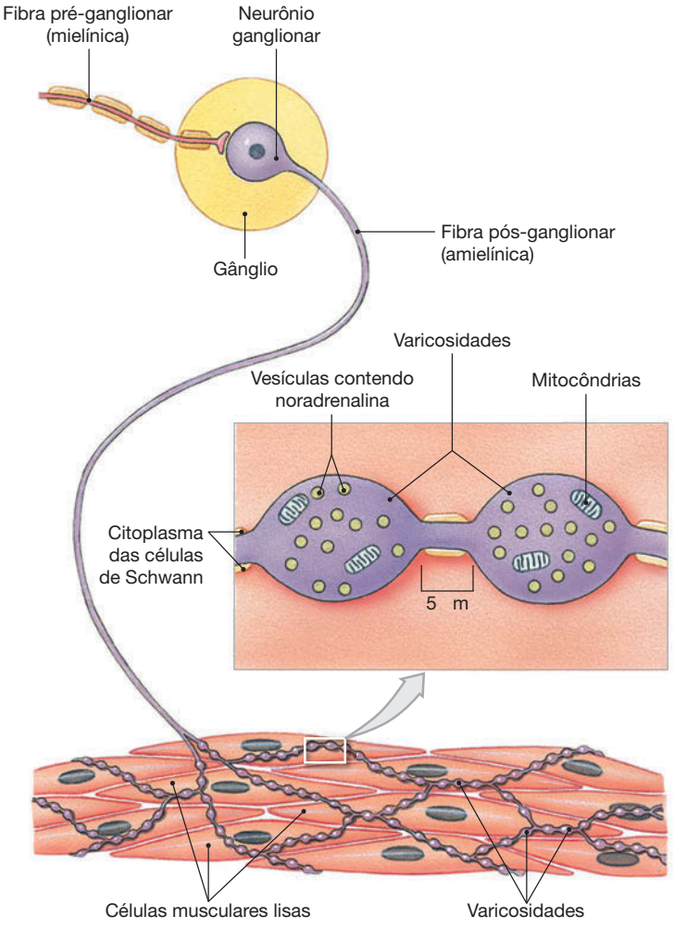


Figura 17.6 Terminações nervosas pós-sinápticas simpáticas. Uma visão esquemática das junções neuroefetuadoras simpáticas.

Receptores pós-sinápticos e função simpática

Os efeitos da estimulação sináptica resultam fundamentalmente de interações com receptores pós-sinápticos sensíveis à adrenalina (A) e noradrenalina (NA). (Poucas junções neuroefetuadoras simpáticas liberam ACh, o que será discutido brevemente.) Há dois tipos de receptores simpáticos sensíveis a A e NA: *receptores alfa* e *receptores beta.* Cada um desses tipos possui dois ou três subtipos. A diversidade de receptores e a sua presença, isoladamente ou em conjunto, é responsável pela variedade de respostas dos órgãos-alvo à estimulação simpática. Como regra, a adrenalina estimula os dois tipos de receptores, enquanto a noradrenalina estimula principalmente os receptores alfa.

Receptores alfa e receptores beta

A estimulação de **receptores alfa** na superfície de células musculares lisas causa constrição de vasos sangüíneos periféricos e o fechamento de esfíncteres ao longo do trato digestório. Os **receptores beta** são encontrados em muitos órgãos, incluindo músculos esqueléticos, musculatura lisa das vias aéreas, coração e fígado. A estimulação desses receptores beta desencadeia alterações na atividade metabólica das células-alvo. Os efeitos dependem das enzimas envolvidas. A resposta mais comum é o aumento da atividade metabólica. Nos músculos esqueléticos e cardíaco, a estimulação dos receptores beta não causa sua contração, mas faz os músculos esqueléticos utilizarem energia mais rapidamente e o coração contrair mais rápido e mais forte. Em outros órgãos-alvo, a adrenalina e a noradrenalina têm efeito inibidor. Por exemplo, a dilatação dos vasos sangüíneos que suprem a musculatura esquelética e a dilatação das vias aéreas – duas importantes respostas à ativação simpática – resultam do relaxamento de células musculares lisas. Esse relaxamento se deve à estimulação de receptores beta pós-sinápticos nas suas membranas plasmáticas.

Estimulação simpática e ACh

Embora a maioria das fibras pós-ganglionares simpáticas liberem noradrenalina e, portanto, sejam adrenérgicas, algumas poucas fibras pós-ganglionares são colinérgicas. A ativação dessas fibras simpáticas estimula a secreção das glândulas sudoríferas e a dilatação dos vasos sangüíneos nos músculos esqueléticos. Os efetuadores viscerais na parede do corpo e nos músculos esqueléticos são inervados exclusivamente pela parte simpática do SNA. Dessa maneira, a distribuição das fibras pós-ganglionares simpáticas colinérgicas fornece um mecanismo para a regulação da secreção das glândulas sudoríferas e para o controle seletivo do fluxo sangüíneo aos músculos esqueléticos, enquanto a noradrenalina liberada pelas terminações adrenérgicas reduz o fluxo sangüíneo para outros tecidos na parede do corpo.

Resumo da parte simpática [Tabela 17.1]

1. A parte simpática do SNA inclui dois troncos simpáticos que lembram um rosário, um de cada lado da coluna vertebral; três gânglios colaterais, anteriores à coluna vertebral; e duas medulas supra-renais.
2. As fibras pré-ganglionares são curtas porque os gânglios estão próximos à medula espinal. As fibras pós-ganglionares são relativamente longas e se estendem a uma considerável distância antes de atingir seus órgãos-alvo. (No caso da medula supra-renal, axônios muito curtos de neurônios ganglionares modificados terminam em capilares que levam suas secreções para a corrente sangüínea.)
3. A parte simpática mostra extensa divergência; uma única fibra pré-ganglionar pode inervar até 32 neurônios ganglionares em vários gânglios diferentes. Como resultado, um único neurônio motor simpático no SNC pode controlar uma diversidade de efetuadores periféricos e produzir uma resposta complexa e coordenada.
4. Todos os neurônios pré-ganglionares liberam ACh quando fazem sinapse com neurônios ganglionares. A maioria das fibras pós-ganglionares liberam noradrenalina, mas algumas poucas liberam ACh.
5. A resposta efetuadora depende da função dos receptores pós-sinápticos, ativados quando a adrenalina ou noradrenalina se liga aos receptores alfa ou beta.

A Tabela 17.1 (pág. 464) resume as características da parte simpática do SNA.

REVISÃO DOS CONCEITOS

1. Onde se originam as fibras nervosas que fazem sinapse nos gânglios colaterais?
2. Pessoas com hipertensão arterial podem ser medicadas com drogas que bloqueiam os receptores beta. Como esta medicação poderia ajudá-las nesta condição?
3. Quais são os dois tipos de gânglios simpáticos e onde eles estão localizados?

Veja a seção de Respostas na parte final do livro.

A parte parassimpática [Figura 17.7]

A parte parassimpática do SNA (**Figura 17.7**) inclui o seguinte:

1. *Neurônios pré-ganglionares localizados no tronco encefálico e nos segmentos sacrais da medula espinal.* No encéfalo, mesencéfalo, ponte e bulbo contêm núcleos autonômicos associados com os nervos cranianos III, VII, IX e X. Nos segmentos sacrais da medula espinal, os núcleos autonômicos se localizam nos segmentos espinais S2-S4.
2. *Neurônios ganglionares nos gânglios periféricos se localizam muito próximo aos – ou mesmo nos – órgãos-alvo.* Como citado anteriormente (pág. 452), neurônios ganglionares da parte parassimpática são encontrados em gânglios terminais (próximos aos órgãos-alvo) ou em gânglios intramurais (dentro dos tecidos dos órgãos-alvo). As fibras

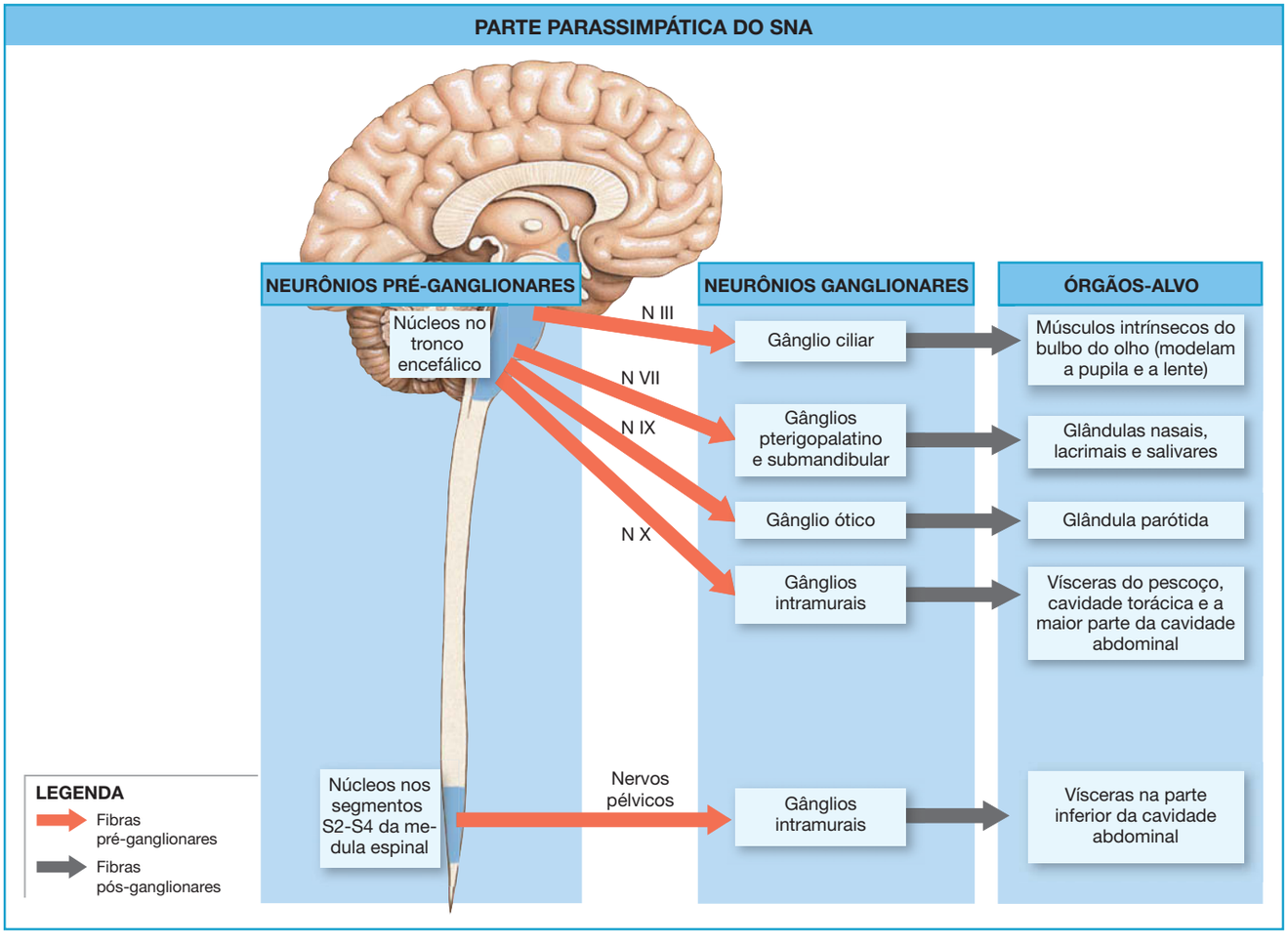


Figura 17.7 Organização da parte parassimpática do SNA.
Este esquema resume as relações entre neurônios pré-ganglionares e ganglionares e entre neurônios ganglionares e órgãos-alvo.

pré-ganglionares da parte parassimpática não divergem tão extensamente quanto aquelas da parte simpática. Uma fibra pré-ganglionar típica faz sinapses com seis a oito neurônios ganglionares. Todos esses neurônios se localizam no mesmo gânglio, e suas fibras pós-ganglionares influenciam o mesmo órgão-alvo. Como resultado, *os efeitos da estimulação parassimpática são mais específicos e localizados do que os da parte simpática.*

Organização e anatomia da parte parassimpática [Figura 17.8]

As fibras pré-ganglionares parassimpáticas deixam o encéfalo nos nervos cranianos III (oculomotor), VII (facial), IX (glossofaríngeo) e X (vago) (Figura 17.8). As fibras nos nervos III, VII e IX auxiliam a controlar as estruturas viscerais na cabeça. Estas fibras pré-ganglionares fazem sinapse nos **gânglios ciliar**, **pterigopalatino**, **submandibular** e **ótico.** ∞ págs. 420-424 Então, fibras pós-ganglionares curtas seguem para seus órgãos periféricos. O nervo vago fornece inervação pré-ganglionar parassimpática para os gânglios intramurais dentro das vísceras da cavidade torácica e da cavidade abdominopélvica, até os segmentos finais do intestino grosso. O nervo vago, sozinho, é responsável por aproximadamente 75% de toda a eferência parassimpática.

A inervação parassimpática sacral não se junta aos ramos anteriores dos nervos espinais. ∞ págs. 369, 462 Em vez disso, as fibras pré-ganglionares formam **nervos pélvicos** separados que inervam os gânglios intramurais no rim, na bexiga urinária, nos segmentos finais do intestino grosso e nos órgãos genitais.

Funções gerais da parte parassimpática

Um lista parcial dos principais efeitos produzidos pela parte parassimpática inclui os seguintes:

1. Constrição das pupilas para restringir a quantidade de luz que penetra nos olhos; auxilia na focalização de objetos próximos.
2. Secreção de glândulas digestivas, incluindo as glândulas salivares, gástricas, duodenais e outras glândulas intestinais, do pâncreas e do fígado.
3. Secreção de hormônios que promovem a absorção de nutrientes por células periféricas.
4. Aumento da atividade dos músculos lisos ao longo do trato digestório.
5. Estimulação e coordenação da defecação.
6. Contração da bexiga urinária durante a micção.
7. Constrição das vias aéreas.
8. Redução da freqüência cardíaca e da força de contração do coração.
9. Impulso sexual e estimulação das glândulas sexuais em ambos os sexos.

Essas funções estão concentradas no relaxamento, no processamento de alimentos e na absorção de energia. Os efeitos da parte parassimpática causam aumento generalizado no conteúdo nutricional do sangue. As células, por todo o organismo, respondem a esse aumento absorvendo nutrientes e utilizando-os para sustentar o crescimento e outras atividades anabólicas.

Ativação parassimpática e liberação de neurotransmissor

Todas as fibras pré-ganglionares e pós-ganglionares na parte parassimpática liberam ACh nas suas sinapses e junções neuroefetuadoras. As junções neuroefetuadoras são pequenas, com fendas sinápticas estreitas. Os efeitos da estimulação são breves, porque a maior parte da ACh liberada é inativada pela acetilcolinesterase no interior da sinapse. Qualquer ACh difundida nos tecidos adjacentes é desativada pela enzima *colinesterase teacidual.* Como resultado, os efeitos da estimulação parassimpática são bem localizados e duram no máximo poucos segundos.

Receptores pós-sinápticos e respostas

Embora todas as sinapses (neurônio-neurônio) e junções neuroefetuadoras (neurônio-efetuador) da parte parassimpática usem o mesmo neurotransmissor, a acetilcolina, dois diferentes tipos de receptores de ACh são encontrados na membrana pós-sináptica:

1. **Receptores nicotínicos** são encontrados na superfície de todos os neurônios ganglionares das partes parassimpática e simpática, assim como nas placas motoras do sistema nervoso somático. A exposição à ACh sempre causa a excitação dos neurônios ganglionares ou de fibras musculares, por meio da abertura de canais iônicos da membrana plasmática.
2. **Receptores muscarínicos** são encontrados em todas as junções neuroefetuadoras colinérgicas da parte parassimpática, assim como em algumas poucas junções neuroefetuadoras colinérgicas da parte simpática. A estimulação de receptores muscarínicos produz efeitos mais prolongados do que a estimulação de receptores nicotínicos. A resposta, que reflete a ativação ou inativação de enzimas específicas, pode ser estimuladora ou inibidora.

Os nomes *nicotínico* e *muscarínico* indicam os compostos químicos que estimulam estes sítios receptores. Receptores nicotínicos se ligam à *nicotina*, um poderoso componente da fumaça do tabaco. Receptores muscarínicos são estimulados pela *muscarina*, uma toxina produzida por alguns cogumelos venenosos.

Resumo da parte parassimpática [Tabela 17.1]

1. A parte parassimpática inclui núcleos motores viscerais no tronco encefálico, associados com quatro nervos cranianos (III, VII, IX e X). Nos segmentos sacrais S2-S4, núcleos autonômicos se localizam nas partes laterais das colunas anteriores.
2. Os neurônios ganglionares estão situados nos gânglios intramurais ou em gânglios intimamente associados com seus órgãos-alvo.
3. A parte parassimpática inerva estruturas na cabeça e estruturas nas cavidades torácica e abdominopélvica.
4. Todos os neurônios parassimpáticos são colinérgicos. A liberação de ACh por neurônios pré-ganglionares estimula receptores nicotínicos em neurônios ganglionares, e o efeito é sempre estimulador. A liberação de ACh nas junções neuroefetuadoras estimula receptores muscarínicos, e os efeitos podem ser estimuladores ou inibidores, dependendo da natureza das enzimas ativadas quando a ACh se liga ao receptor.
5. Os efeitos da estimulação parassimpática são geralmente breves e restritos a órgãos e sítios específicos.

A Tabela 17.1 resume as características da parte parassimpática do SNA.

REVISÃO DOS CONCEITOS

1. Identifique o neurotransmissor liberado pelas fibras pré-ganglionares e pelas fibras pós-ganglionares na parte parassimpática do sistema nervoso autônomo.
2. Quais são os dois receptores diferentes de ACh encontrados nas membranas pós-sinápticas na parte parassimpática?
3. O que são gânglios intramurais?
4. Por que a estimulação simpática tem efeitos tão disseminados?

Veja a seção de Respostas na parte final do livro.

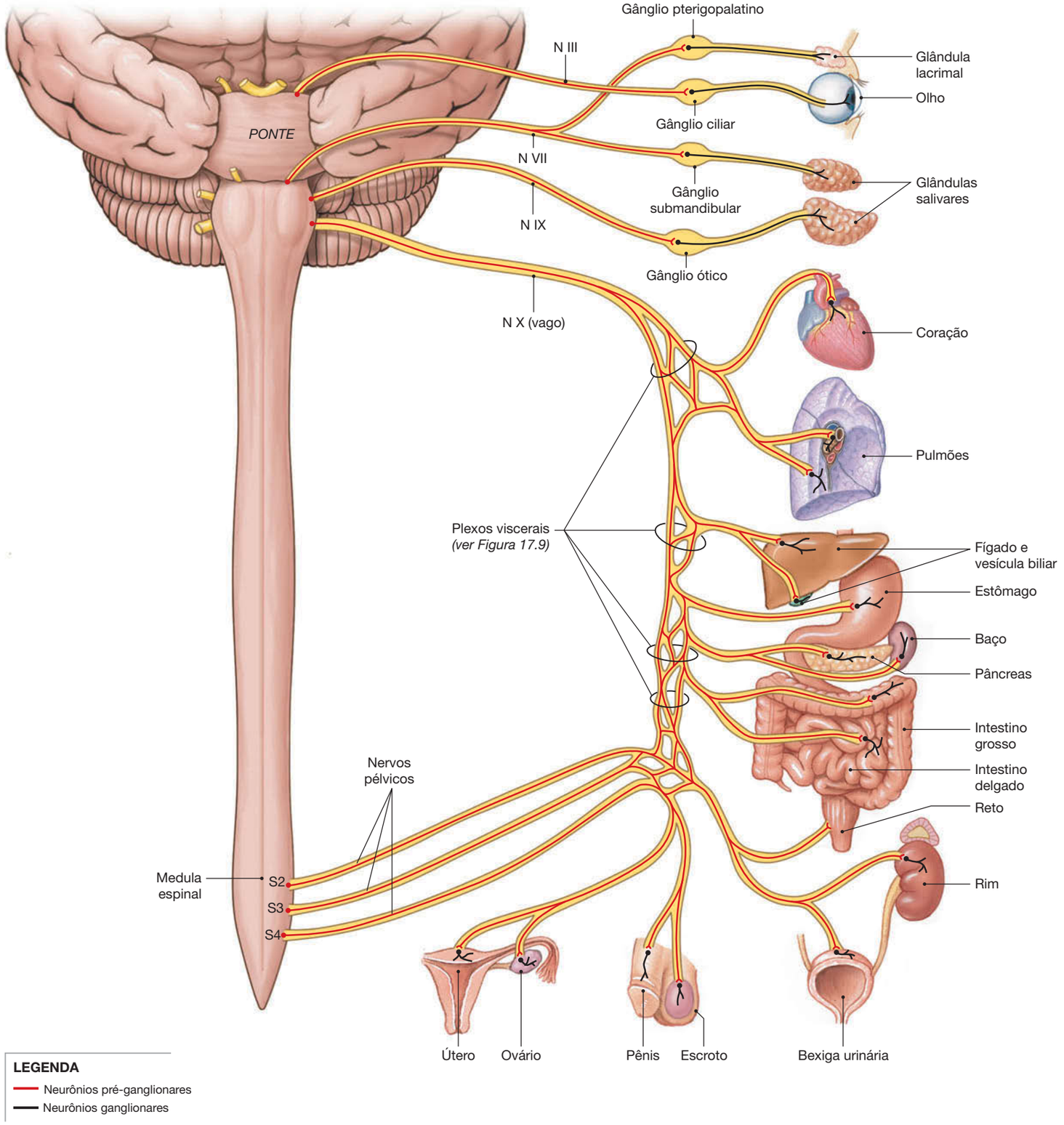


Figura 17.8 Distribuição anatômica da eferência parassimpática.
As fibras pré-ganglionares deixam o SNC por meio de nervos cranianos ou de nervos pélvicos. O padrão de inervação dos órgãos-alvo é semelhante em cada lado do corpo, embora apenas os nervos do lado esquerdo estejam ilustrados.

Relações entre as partes simpática e parassimpática

A parte simpática tem alcance disseminado, atingindo vísceras e tecidos por todo o corpo. A parte parassimpática modifica a atividade de estruturas inervadas por nervos cranianos específicos e nervos pélvicos, incluindo as vísceras no interior das cavidades torácica e abdominopélvica. Embora algumas dessas vísceras sejam inervadas por apenas uma das partes do SNA, a maioria dos órgãos vitais recebe **dupla inervação** – isto é, recebe comandos das partes simpática e parassimpática. Quando há a dupla inervação, as duas partes freqüentemente têm efeitos opostos ou antagônicos. A dupla inervação é mais predominante no trato digestório, no coração e nos pulmões. Por exemplo, a estimulação simpática diminui a motilidade do trato digestório, enquanto a estimulação parassimpática aumenta sua motilidade.

Anatomia da dupla inervação [Figura 17.9]

Na cabeça, as fibras pós-ganglionares parassimpáticas dos gânglios ciliar, pterigopalatino, submandibular e ótico acompanham os nervos cranianos à sua terminação periférica. A inervação simpática alcança as mesmas estruturas partindo diretamente dos gânglios cervicais superiores do tronco simpático.

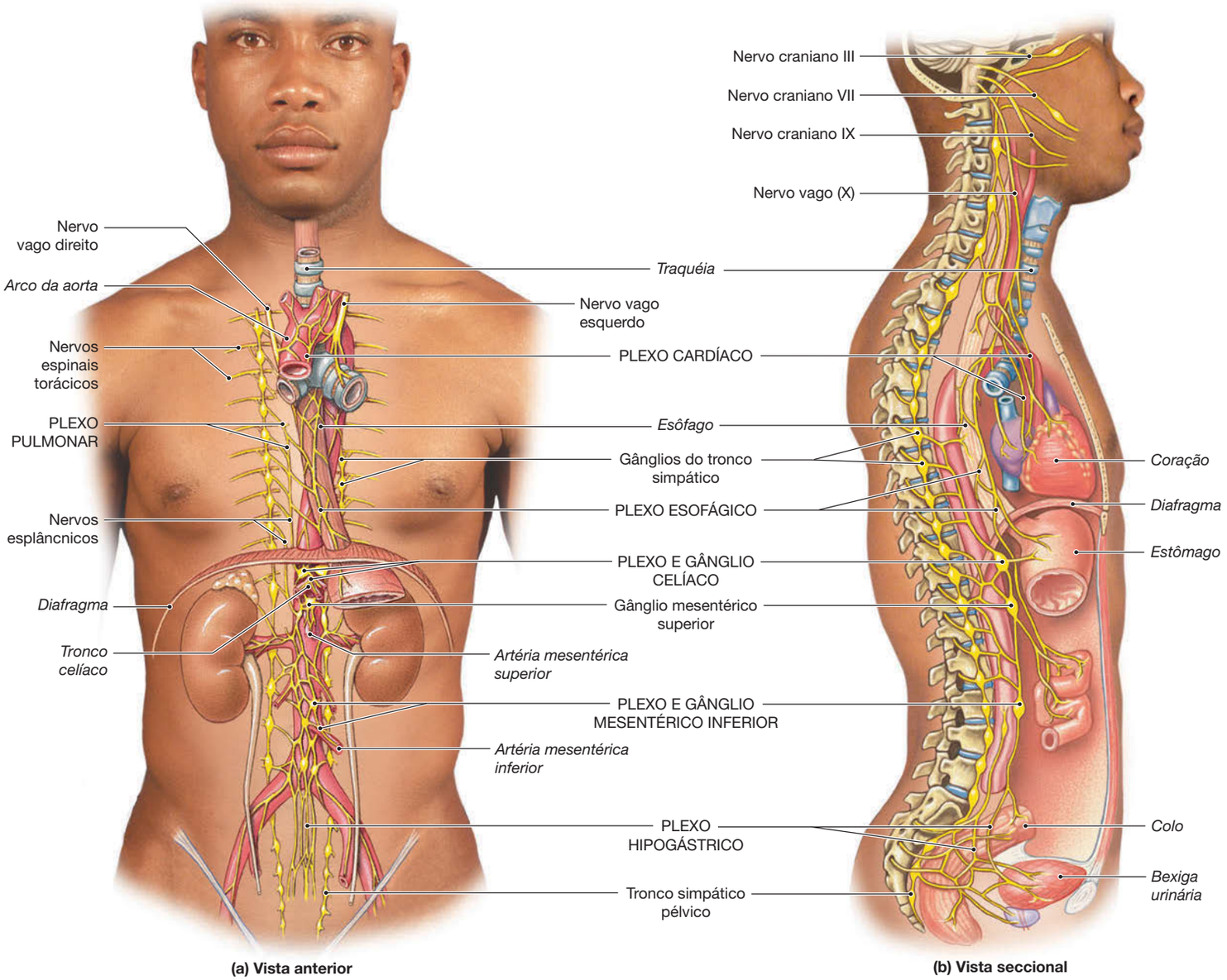


Figura 17.9 **Os plexos viscerais periféricos.**
(a) Esta é uma vista esquemática da distribuição dos plexos do SNA na cavidade torácica (plexos cardíaco, esofágico e pulmonar) e na cavidade abdominopélvica (plexos celíaco, mesentérico inferior e hipogástrico). **(b)** Vista seccional dos plexos viscerais.

Nas cavidades torácica e abdominopélvica, as fibras pós-ganglionares simpáticas se misturam às fibras pré-ganglionares parassimpáticas em uma série de plexos (Figura 17.9), que são o *plexo cardíaco*, o *plexo pulmonar*, o *plexo esofágico*, o *plexo celíaco*, o *plexo mesentérico inferior* e o *plexo hipogástrico*. Os nervos que deixam esses plexos transitam junto com os vasos sangüíneos e linfáticos que suprem as vísceras.

As fibras autonômicas que penetram na cavidade torácica se cruzam no **plexo cardíaco** e no **plexo pulmonar**. Esses plexos contêm fibras simpáticas e parassimpáticas interligadas para o coração e os pulmões, respectivamente, assim como para gânglios parassimpáticos cuja eferência afeta esses órgãos. O **plexo esofágico** contém ramos descendentes do nervo vago e nervos esplâncnicos que partem do tronco simpático, de cada lado.

As fibras pré-ganglionares parassimpáticas do nervo vago penetram na cavidade abdominopélvica junto com o esôfago. Aí, elas se reúnem à rede nervosa do **plexo celíaco**, também chamado de *plexo solar*. O plexo celíaco e um plexo menor a ele associado, o **plexo mesentérico inferior**, inervam as vísceras até os segmentos iniciais do intestino grosso. O **plexo hipogástrico** contém a eferência parassimpática dos nervos pélvicos, fibras pós-ganglionares simpáticas do gânglio mesentérico inferior e nervos esplâncnicos sacrais do tronco simpático. O plexo hipogástrico inerva os órgãos digestórios, urinários e genitais da cavidade pélvica.

Comparação das partes simpática e parassimpática

A Figura 17.10 e o Tabela 17.1 comparam as características essenciais das partes simpática e parassimpática do SNA.

Integração e controle das funções autonômicas

O SNA, assim como o sistema nervoso somático, está organizado em uma série de níveis interativos. No primeiro nível, encontram-se neurônios motores viscerais que participam de *reflexos viscerais* craniais e espinais. Os corpos celulares desses neurônios motores estão localizados na medula espinal e na parte inferior do tronco encefálico.

Reflexos viscerais [Figura 17.11 e Tabela 17.2]

Os **reflexos viscerais** (Figura 17.11) são as unidades funcionais mais simples no sistema nervoso autônomo. Eles fornecem respostas motoras viscerais que podem ser modificadas, facilitadas ou inibidas por centros superiores, especialmente aqueles do hipotálamo. Todos os reflexos viscerais são polissinápticos. pág. 382 Cada arco reflexo visceral (Figura 17.11) consiste em um receptor, um nervo sensitivo, um centro de processamen-

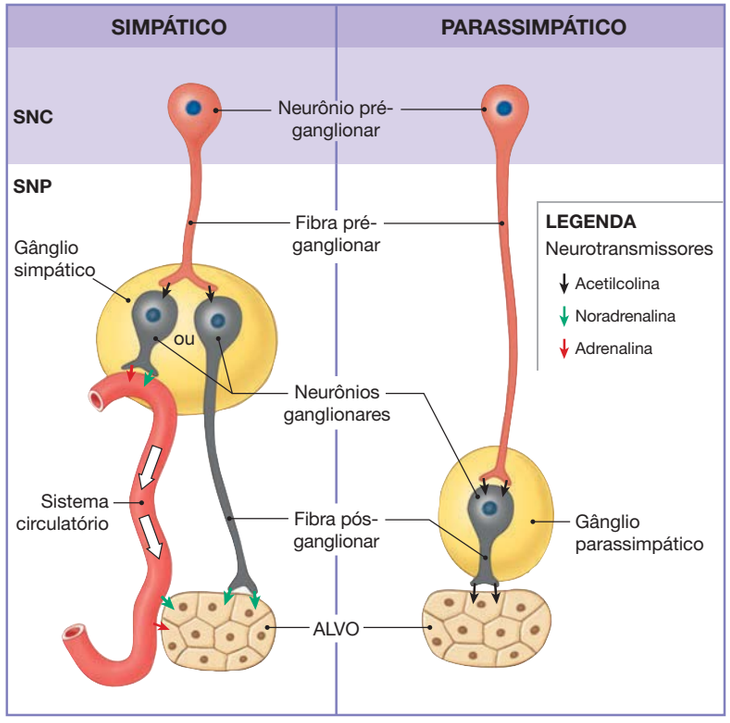


Figura 17.10 Comparação das partes simpática e parassimpática. Este esquema compara o comprimento das fibras (pré-ganglionares e pós-ganglionares), a localização geral dos gânglios e o neurotransmissor primário liberado pelas duas partes do sistema nervoso autônomo.

TABELA 17.1 Comparação das partes simpática e parassimpática do SNA

Característica	Parte simpática	Parte parassimpática
Localização do SNC visceral		
Neurônios motores	Coluna lateral dos segmentos espinais T1-L2	Tronco encefálico e segmentos espinais S2-S4
Localização de gânglios do SNP	Tronco simpático (paravertebral); gânglios colaterais (celíaco, mesentérico superior e mesentérico inferior) localizados anterior e lateralmente à parte descendente da aorta	Intramural ou terminal
Fibras pré-ganglionares:		
Comprimento	Relativamente curtas, mielínicas	Relativamente longas, mielínicas
Neurotransmissor liberado	Acetilcolina	Acetilcolina
Fibras pós-ganglionares:		
Comprimento	Relativamente longas, amielínicas	Relativamente curtas, amielínicas
Neurotransmissor liberado	Geralmente noradrenalina	Sempre acetilcolina
Junção neuroefetuadora	Varicosidades e botões terminais dilatados que liberam transmissores próximo às células-alvo	Junções neuroefetuadoras que liberam transmissores para a superfície de receptores especiais
Grau de divergência do SNC para as células ganglionares	Aproximadamente 1:32	Aproximadamente 1:6
Funções gerais	Estimula o metabolismo, eleva o nível de alerta, prepara para respostas em massa (alarme ou emergência)	Promove relaxamento, absorção de nutrientes, armazenamento de energia (repouso ou inação)

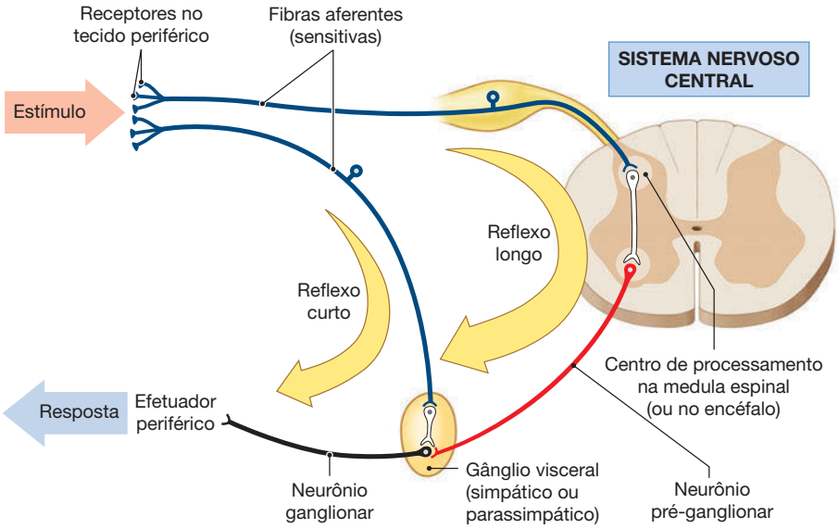


Figura 17.11 Reflexos viscerais.
Os reflexos viscerais têm os mesmos componentes básicos dos reflexos somáticos, mas todos os reflexos viscerais são polissinápticos.

to (interneurônio ou neurônio motor) e dois neurônios motores viscerais (pré-ganglionar e ganglionar). Os nervos sensitivos enviam mensagem ao SNC por meio de nervos espinais, nervos cranianos e nervos viscerais que inervam efetuadores periféricos. Por exemplo, quando uma luz é acesa em frente a um olho, há o desencadeamento de um reflexo visceral (*reflexo consensual à luz*) que contrai as pupilas de ambos os olhos*. pág. 380 Na escuridão completa, as pupilas se dilatam. Os núcleos motores que comandam a constrição ou dilatação pupilar são também controlados por centros hipotalâmicos relacionados com os estados emocionais. Por exemplo, quando você está enfastiado ou nauseado, suas pupilas se contraem, mas quando você está sexualmente estimulado, suas pupilas dilatam.

Os reflexos viscerais podem ser *reflexos longos* ou *reflexos curtos***. **Reflexos longos** são reflexos viscerais equivalentes aos reflexos polissinápticos introduzidos no Capítulo 13. pág. 381 Neurônios sensitivos viscerais enviam mensagem ao SNC por meio das raízes posteriores de nervos espinais, dos ramos sensitivos de nervos cranianos e de nervos viscerais que inervam efetuadores viscerais. Os estádios de processamento envolvem interneurônios no SNC, e neurônios motores envolvidos estão localizados no tronco encefálico ou na medula espinal. O SNA leva os comandos motores aos efetuadores viscerais apropriados, depois de fazerem sinapse em um gânglio visceral periférico.

Reflexos curtos desviam-se totalmente do SNC; eles envolvem neurônios sensitivos e interneurônios cujos corpos celulares estão localizados nos gânglios viscerais. Os interneurônios fazem sinapse nos neurônios ganglionares, e os comandos motores são então distribuídos por fibras pós-ganglionares. Os reflexos curtos controlam respostas motoras muito simples, com efeitos localizados. Em geral, os reflexos curtos podem controlar padrões de atividade em uma pequena parte de um órgão-alvo, enquanto os reflexos longos coordenam as atividades de todo o órgão.

Na maioria dos órgãos, os reflexos longos são muito importantes para a regulação das atividades viscerais, mas este não é o caso com o trato digestório e as glândulas a ele associadas. Os gânglios nas paredes do trato digestório contêm os corpos celulares de neurônios sensitivos viscerais, de interneurônios e de neurônios motores viscerais. Embora a inervação parassimpática de neurônios motores viscerais possa estimular e coordenar diversas atividades digestivas, o sistema digestório está bastante apto para controlar suas próprias funções independentemente do sistema nervoso central. Por essa razão, ele tem sido chamado de *sistema nervoso entérico* (SNE); consideraremos suas funções adiante, no Capítulo 25.

No momento em que examinarmos outros sistemas no corpo, muitos exemplos de reflexos viscerais, envolvendo respiração, função cardiovascular e outras atividades viscerais, serão discutidos. A Tabela 17.2 resume informações relativas aos principais reflexos viscerais. Observe que a parte parassimpática participa de reflexos que afetam órgãos e sistemas isolados, refletindo um padrão de inervação relativamente específico e restrito. Ao contrário, há poucos reflexos simpáticos. Esta parte é tipicamente ativada como um todo, parcialmente por causa do grau de divergência e, parcialmente, porque a liberação de hormônios pela medula supra-renal também produz efeitos periféricos disseminados.

Níveis superiores de controle visceral [Figura 17.12]

Os níveis de atividade nas partes simpática e parassimpática são controlados por centros no tronco encefálico relacionados com funções viscerais específicas. A **Figura 17.12** esquematiza os níveis de controle autonômico. Como no SNC, reflexos simples sediados na medula espinal fornecem respostas viscerais e relativamente rápidas aos estímulos. Reflexos simpáticos e parassimpáticos mais complexos são coordenados por centros de processamento no bulbo. Além dos centros cardiovasculares, o bulbo contém centros e núcleos envolvidos com respiração, secreções digestivas, peristaltismo e função urinária. Esses centros, por sua vez, são regulados pelo hipotálamo. Em geral, os centros no hipotálamo posterior e lateral estão relacionados com a coordenação e regulação da função simpática, e partes do hipotálamo anterior e medial controlam a parte parassimpática. pág. 406

O termo *autonômico* foi originalmente aplicado ao sistema motor visceral porque se pensou que os centros reguladores funcionassem sem levar em consideração outras atividades do SNC. Este ponto de vista tem sido drasticamente revisto à luz de pesquisas subseqüentes. Agora sabemos que o hipotálamo interage com todas as demais partes do encéfalo e

Nota clínica

Neuropatia diabética e o SNA No *diabetes melito*, os níveis sangüíneos de glicose estão elevados, ainda que a maioria das células sejam incapazes de absorver e usar a glicose como fonte de energia. Daí resulta uma diversidade de distúrbios fisiológicos, que serão discutidos adiante, no Capítulo 19. Pessoas com diabetes melito crônico, não tratado ou mal controlado freqüentemente desenvolvem distúrbios nervosos periféricos. A disfunção nervosa periférica, uma doença conhecida como *neuropatia diabética*, tem efeitos disseminados. Adiaremos considerações específicas até o Capítulo 19, exceto para observar que a neuropatia diabética tem múltiplos efeitos sobre o SNA. Com maior evidência, ela interfere nos reflexos viscerais normais (Tabela 17.2). Os sintomas freqüentemente incluem esvaziamento gástrico retardado, redução do controle simpático sobre o sistema cardiovascular, levando à diminuição da freqüência cardíaca (bradicardia) e da pressão arterial na posição ereta (hipotensão postural), dificuldade na micção e impotência.

* N. de R.T. Na realidade, a incidência de luz sobre um olho desencadeia dois reflexos simultâneos: o *reflexo direto à luz* (reflexo fotomotor), com contração da pupila do lado estimulado, e o *reflexo consensual à luz*, no qual a pupila do lado oposto também responde ao estímulo. A constrição pupilar é chamada de *miose* e a dilatação, de *midríase*.

** N. de R.T. Alguns textos de neurofisiologia denominam-nos, respectivamente, reflexos supra-espinais e reflexos espinais.

TABELA 17.2 Reflexos viscerais importantes

Reflexo	Estímulo	Resposta	Comentários
REFLEXOS PARASSIMPÁTICOS			
Reflexos gástrico e intestinal (*ver Capítulo 25*)	Pressão e contato físico com alimentos	Contrações da musculatura lisa que propelem o alimento e o misturam com secreções	Mediados pelo nervo vago (X)
Defecação (*ver Capítulo 25*)	Distensão do reto	Relaxamento do músculo esfincter interno do ânus	Exige o relaxamento voluntário do músculo esfincter externo do ânus
Micção (*ver Capítulo 26*)	Distensão da bexiga urinária	Contração das paredes da bexiga urinária, relaxamento do músculo esfincter interno da uretra	Exige o relaxamento voluntário do músculo esfincter externo da uretra
Reflexo direto à luz e reflexo consensual à luz (*ver Capítulo 18*)	Luz brilhante no(s) olho(s)	Constrição das pupilas de ambos os olhos	
Reflexo de deglutição (*ver Capítulo 25*)	Movimento da comida ou bebida para a faringe superior	Contração de músculos lisos e esqueléticos	Coordenado pelo centro da deglutição no bulbo
Reflexo do vômito (*ver Capítulo 25*)	Irritação da mucosa do trato digestório	Reversão da ação do músculo liso normal para ejetar o conteúdo	Coordenado pelo centro do vômito no bulbo
Reflexo da tosse (*ver Capítulo 24*)	Irritação da mucosa do trato respiratório	Súbita ejeção explosiva de ar	Coordenado pelo centro da tosse no bulbo
Reflexo barorreceptor (*ver Capítulo 21*)	Súbita elevação da pressão arterial na artéria carótida	Redução da freqüência cardíaca e da força de contração do coração	Coordenado no centro cardíaco no bulbo
Estímulo sexual (*ver Capítulo 27*)	Estímulos eróticos (visuais ou táteis)	Aumento da secreção glandular, sensibilidade	
REFLEXOS SIMPÁTICOS			
Reflexo cardioacelerador (*ver Capítulo 21*)	Súbito declínio da pressão arterial na artéria carótida	Aumento da freqüência cardíaca e da força de contração do coração	Coordenado no centro da deglutição no bulbo
Reflexos vasomotores (*ver Capítulo 22*)	Mudanças da pressão arterial nas artérias principais	Mudanças no diâmetro dos vasos sangüíneos periféricos	Coordenado no centro vasomotor no bulbo
Reflexo pupilar (*ver Capítulo 18*)	Baixo nível de luminosidade atingindo os receptores visuais	Dilatação das pupilas	
Ejaculação (em homens) (*ver Capítulo 27*)	Estímulos eróticos (táteis)	Contração das glândulas seminais e da próstata e contração de músculos esqueléticos que expelem sêmen	A ejaculação envolve a contração dos músculos bulboesponjosos

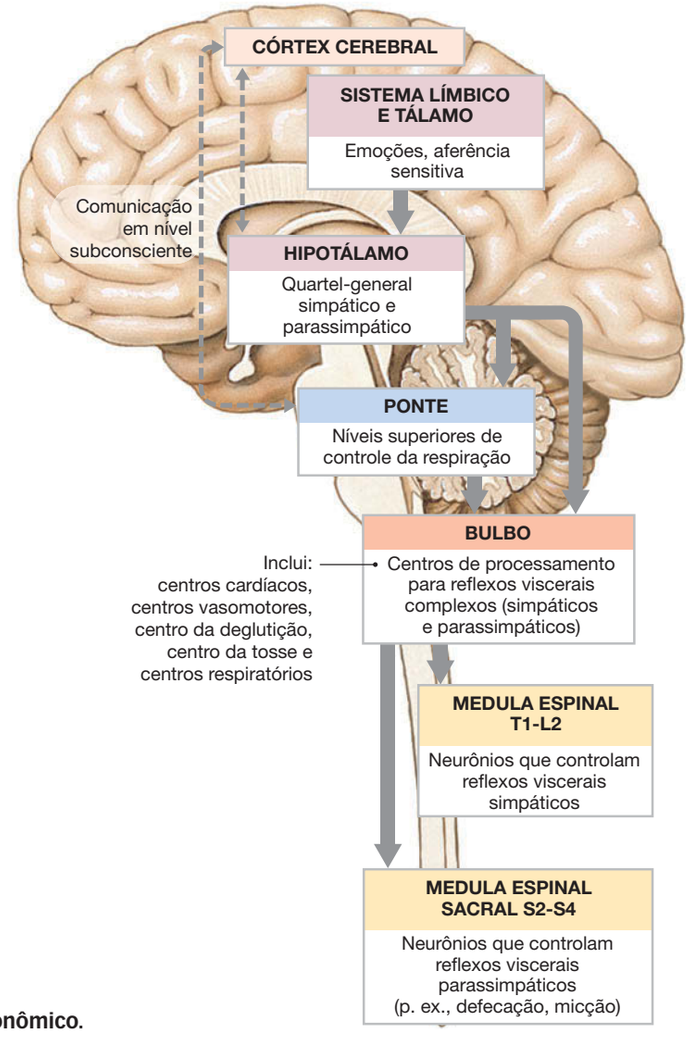


Figura 17.12 **Níveis de controle autonômico.**

que a atividade no sistema límbico (memórias e estados emocionais), no tálamo (mensagem sensitiva) ou no córtex cerebral (processamento do pensamento consciente) pode ter efeitos dramáticos na função autonômica. Interconexões entre o sistema límbico e o hipotálamo fornecem uma ligação direta entre os estados emocionais e a atividade hipotalâmica. Por exemplo, quando você está com raiva, sua freqüência cardíaca se acelera e sua pressão arterial se eleva.

REVISÃO DOS CONCEITOS

1. O que significa dupla inervação?
2. O que são reflexos viscerais?
3. Cite o nome de três plexos na cavidade abdominal.

Veja a seção de Respostas na parte final do livro.

TERMOS CLÍNICOS

Doença de Raynaud: Patologia de etiologia desconhecida que resulta da excessiva vasoconstrição simpática periférica em resposta a estímulos de frio.

Neuropatia diabética: Distúrbio neurológico degenerativo que pode se desenvolver em pacientes com *diabetes melito*.

Síndrome de Bernard-Horner: Patologia caracterizada pela perda unilateral da inervação simpática da face.

RESUMO PARA ESTUDO

Introdução 452

1. O **sistema nervoso autônomo** (**SNA**) regula a temperatura corporal e coordena funções cardiovasculares, respiratórias, digestivas, de excreção e reprodutoras. Ajustes fisiológicos de rotina dos sistemas são realizados pelo sistema nervoso autônomo, operando em nível subconsciente.

Comparação dos sistemas nervosos somático e visceral 452

1. O sistema nervoso autônomo, como o sistema nervoso somático, tem neurônios aferentes e eferentes. Entretanto, no SNA, as vias aferentes se originam de receptores viscerais e as vias eferentes se conectam a órgãos efetuadores viscerais.
2. Além da diferença na localização dos órgãos receptores e efetuadores, o SNA difere do sistema nervoso somático pela disposição dos neurônios que conectam o sistema nervoso central aos órgãos efetuadores. Neurônios motores viscerais no SNC, chamados de **neurônios pré-ganglionares**, emitem axônios (*fibras pré-ganglionares*) para fazer sinapse em **neurônios ganglionares** (ou *pós-ganglionares*), cujos corpos celulares se localizam em gânglios viscerais, fora do SNC. O axônio do neurônio ganglionar é uma **fibra pós-ganglionar** que inerva órgãos periféricos. (*ver Figura 17.1*)

Partes do SNA 452

3. Há duas partes principais no SNA: a *parte simpática* e a *parte parassimpática*. (*ver Figura 17.1*)
4. A eferência visceral dos segmentos torácico e lombar forma a **parte toracolombar** (**simpática**) (sistema de alarme ou emergência) do SNA. Genericamente, estimula o metabolismo tecidual, eleva o nível de alerta e prepara o organismo para enfrentar emergências. A eferência visceral que parte do tronco encefálico e dos segmentos sacrais da medula espinal forma a **parte craniossacral** (**parassimpática**) (sistema de repouso ou inação). Genericamente, conserva energia e promove atividades sedentárias. (*ver Figura 17.1*)
5. As duas partes influenciam os órgãos-alvo por meio de neurotransmissores. Receptores pós-sinápticos determinam se a resposta será estimuladora ou inibidora. Genericamente, os efeitos dos neurotransmissores são os seguintes: (1) todas as terminações pré-ganglionares liberam **acetilcolina** (**ACh**) e são estimuladoras, (2) todas as terminações pós-ganglionares parassimpáticas liberam ACh e os efeitos podem ser estimuladores ou inibidores e (3) a maioria das terminações pós-ganglionares simpáticas libera **noradrenalina** (**NA**) e os efeitos são habitualmente estimuladores.

A parte simpática 453

1. A **parte simpática** consiste em neurônios pré-ganglionares entre os segmentos T1 e L2 da medula espinal, neurônios ganglionares em gânglios próximos à coluna vertebral e neurônios especializados na medula supra-renal. (*ver Figuras 17.1a a 17.4/17.10*)
2. Há dois tipos de gânglios simpáticos: **gânglios do tronco simpático** (*gânglios paravertebrais ou laterais*) e **gânglios colaterais** (*gânglios pré-vertebrais*).

Os gânglios do tronco simpático 454

3. Entre os segmentos T1 e L2 da medula espinal, cada raiz anterior emite um *ramo comunicante branco*, com fibras pré-ganglionares, para um **gânglio do tronco simpático**. Essas fibras pré-ganglionares tendem a sofrer extensa divergência antes de fazer sinapse no neurônio ganglionar. A sinapse ocorre no gânglio do tronco simpático, em um gânglio colateral ou na medula supra-renal. Fibras pré-ganglionares transitam entre os gânglios do tronco simpático e os interconectam. Fibras pós-ganglionares que se dirigem a efetuadores viscerais na parede do corpo penetram no *ramo comunicante cinzento* e retornam ao nervo espinal para se distribuírem, enquanto aquelas que se dirigem para estruturas na cavidade torácica formam nervos viscerais que transitam diretamente à sua terminação visceral. (*ver Figuras 17.1a,b/17.3*)
4. Há 3 gânglios simpáticos cervicais, 11 a 12 torácicos, 2 a 5 lombares, 4 a 5 sacrais e 1 coccígeo em cada tronco simpático. *Todo nervo espinal tem um ramo comunicante cinzento que leva fibras pós-ganglionares simpáticas.* Resumindo: (1) somente gânglios torácicos e lombares superiores recebem fibras pré-ganglionares por meio dos ramos comunicantes brancos; (2) os gânglios cervicais, lombares inferiores e sacrais do tronco simpático recebem inervação pré-ganglionar de fibras colaterais de neurônios simpáticos; e (3) todo nervo espinal recebe um ramo comunicante cinzento de um gânglio do tronco simpático. (*ver Figura 17.4*)

Os gânglios colaterais 456

5. As vísceras abdominopélvicas recebem inervação simpática por meio de fibras pré-ganglionares que passam através do tronco simpático para fazer sinapse em gânglios colaterais. As fibras pré-ganglionares que inervam os gânglios colaterais formam os **nervos esplâncnicos** (*maior*, *menor*, *lombares* e *sacrais*). (*ver Figuras 17.3b/17.4/17.9*)
6. Os nervos esplâncnicos inervam o plexo hipogástrico e três gânglios colaterais: (1) o *gânglio celíaco*, (2) o *gânglio mesentérico superior* e (3) o *gânglio mesentérico inferior*. (*ver Figuras 17.4/17.9*)
7. O **gânglio celíaco** inerva o estômago, o fígado, o pâncreas e o baço; o **gânglio mesentérico superior** inerva o intestino delgado e os segmentos iniciais do intestino grosso; e o **gânglio mesentérico inferior** inerva o rim, a bexiga urinária, os órgãos genitais e os segmentos terminais do intestino grosso. (*ver Figuras 17.3b/17.4/17.9*)

A medula supra-renal 458

8. Algumas fibras pré-ganglionares não fazem sinapse durante seu curso através do tronco simpático e dos gânglios colaterais. Em vez disso, elas penetram em uma das glândulas supra-renais e fazem sinapse com neu-

rônios modificados na **medula supra-renal**. Estas células liberam *noradrenalina* (NA) e *adrenalina* (A) na circulação, causando um efeito de inervação simpática prolongado. (*ver Figuras 17.3c/17.4/17.5*)

Efeitos da estimulação simpática 458

9. Em uma crise, toda a parte simpática responde, um evento chamado de **ativação simpática** (resposta em massa). Seus efeitos incluem elevação do nível de alerta, uma sensação de energia e euforia, aumento da atividade cardiovascular e respiratória, elevação geral no tono muscular e mobilização das reservas de energia.

Ativação simpática e liberação de neurotransmissor 459

10. A estimulação da parte simpática tem dois resultados diferentes: a liberação de noradrenalina (ou em alguns casos de acetilcolina) nas junções neuromusculares e a secreção de adrenalina e noradrenalina na circulação geral. (*ver Figura 17.6*)

Receptores pós-sinápticos e função simpática 459

11. Há dois tipos de receptores simpáticos que são estimulados pela adrenalina e noradrenalina: **receptores alfa** (que respondem à estimulação pela despolarização da membrana pós-sináptica) e **receptores beta** (que respondem à estimulação pela alteração da atividade metabólica das células).
12. A maioria das fibras pós-ganglionares liberam noradrenalina (adrenérgicas), mas algumas poucas liberam acetilcolina (colinérgicas). Fibras pós-ganglionares que inervam as glândulas sudoríferas da pele e os vasos sangüíneos dos músculos esqueléticos liberam ACh.

Resumo da parte simpática 460

13. A parte simpática tem as seguintes características: (1) dois troncos simpáticos, dispostos segmentarmente de cada lado da coluna vertebral, três gânglios colaterais, anteriores à coluna vertebral, e duas medulas supra-renais; (2) as fibras pré-ganglionares são relativamente curtas, exceto aquelas da medula supra-renal, enquanto as fibras pós-ganglionares são bem longas; (3) tipicamente, ocorre extensa divergência, com uma única fibra pré-ganglionar fazendo sinapse com muitos neurônios ganglionares em diferentes gânglios; (4) todas as fibras pré-ganglionares liberam ACh, enquanto a maioria das fibras pós-ganglionares liberam NA; e (5) a resposta efetuadora depende da natureza e atividade do receptor. (*ver Tabela 17.1*)

A parte parassimpática 460

1. A parte parassimpática consiste em (1) neurônios pré-ganglionares no tronco encefálico e nos segmentos sacrais da medula espinal e (2) neurônios ganglionares em gânglios periféricos, localizados nos ou imediatamente próximos aos órgãos-alvo. (*ver Figuras 17.7/17.8 e Tabela 17.1*)

Organização e anatomia da parte parassimpática 461

2. As fibras pré-ganglionares deixam o encéfalo por meio dos nervos cranianos III (oculomotor), VII (facial), IX (glossofaríngeo) e X (vago). (*ver Figuras 17.7/17.8*)
3. As fibras parassimpáticas nos nervos oculomotor, facial, glossofaríngeo e vago auxiliam no controle de estruturas na cabeça e fazem sinapses nos **gânglios ciliar**, **pterigopalatino**, **submandibular** e **ótico**. Fibras no nervo vago fornecem inervação pré-ganglionar parassimpática aos gânglios intramurais das estruturas nas cavidades torácica e abdominopélvica. (*ver Figuras 17.7/17.8*)
4. As fibras pré-ganglionares que partem dos segmentos sacrais formam **nervos pélvicos** que inervam gânglios intramurais no rim, na bexiga urinária, em segmentos terminais do intestino grosso e órgãos genitais. (*ver Figura 17.8*)

Funções gerais da parte parassimpática 461

5. Os efeitos produzidos pela parte parassimpática incluem (1) constrição pupilar, (2) secreção de glândulas digestivas, (3) secreção de hormônios para absorção de nutrientes, (4) aumento da atividade do trato digestório, (5) atividade da defecação, (6) atividade da micção, (7) constrição das vias aéreas, (8) redução da freqüência cardíaca e (9) estimulação sexual. Estas funções gerais estão centralizadas no relaxamento, no processamento do alimento e na absorção de energia.

Ativação parassimpática e liberação de neurotransmissor 461

6. Todas as fibras pré-ganglionares e pós-ganglionares parassimpáticas liberam ACh nas sinapses e junções neuroefetuadoras. Os efeitos são breves por causa das ações das enzimas na membrana pós-sináptica e nos tecidos adjacentes.
7. Dois tipos diferentes de receptores de ACh são encontrados nas membranas pós-sinápticas. Os **receptores nicotínicos** se localizam nas células ganglionares das duas partes do SNA e nas placas motoras. Sua exposição à ACh causa excitação, pela abertura de canais na membrana plasmática. Os **receptores muscarínicos** se localizam nas junções neuroefetuadoras da parte parassimpática e naquelas junções neuroefetuadoras colinérgicas da parte simpática. Sua estimulação produz efeitos mais prolongados do que a estimulação de receptores nicotínicos.

Resumo da parte parassimpática 461

8. A parte parassimpática tem as seguintes características: (1) inclui núcleos motores viscerais associados aos nervos cranianos III, VII, IX e X e os segmentos sacrais S2-S4; (2) neurônios ganglionares se localizam em gânglios terminais ou intramurais próximos ou nos órgãos-alvo, respectivamente; (3) inerva áreas supridas por nervos cranianos e órgãos nas cavidades torácica e abdominopélvica; (4) todos os neurônios parassimpáticos são colinérgicos. Os neurônios pós-ganglionares também são colinérgicos, sendo ainda subdivididos de acordo com a presença de receptores muscarínicos ou nicotínicos; e (5) os efeitos são habitualmente breves e restritos a sítio específicos (resposta focal). (*ver Figura 17.10 e Tabela 17.1*)

Relações entre as partes simpática e parassimpática 463

1. A parte simpática tem influência disseminada (resposta em massa), alcançando estruturas somáticas e viscerais por todo o corpo. (*ver Figura 17.4 e Tabela 17.1*)
2. A parte parassimpática inerva somente estruturas viscerais supridas por nervos cranianos ou situadas no interior das cavidades torácica e abdominopélvica. Órgãos com **dupla inervação** recebem comandos das duas partes. (*ver Figura 17.10 e Tabela 17.1*)

Anatomia da dupla inervação 463

3. Nas cavidades do corpo, os nervos parassimpáticos e simpáticos se entrelaçam para formar uma série de plexos nervosos característicos (redes nervosas), que incluem os **plexos cardíaco**, **pulmonar**, **esofágico**, **celíaco**, **mesentérico inferior** e **hipogástrico**. (*ver Figura 17.9*)

Comparação das partes simpática e parassimpática 464

4. Revise a *Figura 17.10* e a *Tabela 17.1.*

Integração e controle das funções autonômicas 464

Reflexos viscerais 464

1. Os **reflexos viscerais** são as funções mais simples do SNA. Eles fornecem respostas motoras viscerais que podem ser modificadas, facilitadas ou inibidas por centros superiores, especialmente no hipotálamo. (*ver Figura 17.11 e Tabela 17.2*)

Níveis superiores de controle visceral 465

2. Em geral, os centros encefálicos superiores no hipotálamo posterior e lateral estão relacionados com a coordenação e regulação da função simpática, e partes do hipotálamo anterior e medial controlam a parte parassimpática. (*ver Figura 17.12*)

REVISÃO DO CAPÍTULO

Para respostas às questões da Revisão dos Conceitos e Revisão do Capítulo, veja a seção de Respostas na parte final do livro.

Nível 1 – Revisão de fatos e termos

Associe cada item numerado com a letra do item que melhor se relaciona. Utilize letras para as respostas nos espaços apropriados.

Coluna A	Coluna B
___ 1. pré-ganglionar	a. todas as fibras pré-ganglionares
___ 2. toracolombar	b. fibras pré-ganglionares para gânglios colaterais
___ 3. parassimpático	c. primeiro neurônio
___ 4. pré-vertebral	d. gânglios colaterais
___ 5. paravertebral	e. medula supra-renal
___ 6. acetilcolina	f. ativação simpática
___ 7. adrenalina	g. parte simpática
___ 8. simpático	h. gânglios terminais
___ 9. esplâncnico	i. tronco simpático
___10. crise	j. fibras pós-ganglionares longas

11. Neurônios motores viscerais no SNC:
    (a) são neurônios ganglionares
    (b) estão no gânglio sensitivo do nervo espinal (raiz posterior)
    (c) têm axônios amielínicos, exceto na região torácica inferior
    (d) emitem axônios que fazem sinapse com neurônios ganglionares localizados perifericamente

12. Nervos esplâncnicos:
    (a) são formados por fibras pós-ganglionares parassimpáticas
    (b) incluem fibras pré-ganglionares que se dirigem aos gânglios colaterais
    (c) controlam a função simpática de estruturas na cabeça
    (d) conectam um tronco simpático com o outro

13. Quais dos seguintes gânglios pertencem à parte simpática do SNA?
    (a) gânglio ótico (b) gânglio esfenopalatino
    (c) gânglios paravertebrais (d) todos os anteriores

14. Fibras pré-ganglionares da parte simpática do SNA se originam:
    (a) do córtex cerebral
    (b) do bulbo
    (c) do tronco encefálico e da parte sacral da medula espinal
    (d) da parte toracolombar da medula espinal

15. O neurotransmissor em todas as sinapses e nas junções neuromusculares na parte parassimpática do SNA é:
    (a) a adrenalina (b) o AMP cíclico
    (c) a noradrenalina (d) a acetilcolina

16. As grandes células na medula supra-renal, que se assemelham a neurônios nos gânglios simpáticos,
    (a) se localizam no córtex supra-renal
    (b) liberam acetilcolina nos capilares sangüíneos
    (c) liberam adrenalina e noradrenalina nos capilares sangüíneos
    (d) não têm função endócrina

17. Fibras pré-ganglionares simpáticas são caracterizadas como:
    (a) curtas e amielínicas
    (b) curtas e mielínicas
    (c) longas e mielínicas
    (d) longas e amielínicas

18. Todas as fibras autonômicas pré-ganglionares liberam _____ nas suas terminações sinápticas e os efeitos são sempre _____.
    (a) noradrenalina; inibidores (b) noradrenalina; estimuladores
    (c) acetilcolina; estimuladores (d) acetilcolina; inibidores

19. Fibras pós-ganglionares de neurônios autonômicos geralmente são:
    (a) mielínicas
    (b) amielínicas
    (c) maiores do que as fibras pré-ganglionares
    (d) localizadas na medula espinal

20. O ramo comunicante branco:
    (a) leva fibras pós-ganglionares aos órgãos efetuadores
    (b) se origina da raiz posterior do nervo espinal
    (c) tem fibras que não divergem
    (d) leva fibras pré-ganglionares a um gânglio próximo, no tronco simpático

Nível 2 – Revisão de conceitos

1. A secção da raiz anterior do nervo espinal em L2 interromperia a transmissão de que tipo de mensagem?
    (a) eferência motora voluntária (b) eferência motora visceral (SNA)
    (c) aferência sensitiva (d) a e b estão corretas

2. A lesão das raízes anteriores dos primeiros cinco nervos espinais torácicos no lado direito do corpo interferiria com a capacidade de:
    (a) dilatação da pupila direita
    (b) dilatação da pupila esquerda
    (c) contração do músculo bíceps braquial direito
    (d) contração do músculo bíceps braquial esquerdo

3. Que mecanismo anatômico está envolvido na gênese do rubor facial em uma pessoa?
    (a) o fluxo sangüíneo para a pele é aumentado pela estimulação parassimpática
    (b) a estimulação simpática relaxa as paredes dos vasos, aumentando o fluxo sangüíneo para a pele
    (c) a estimulação parassimpática diminui o tono muscular da pele, permitindo que o sangue se acumule na superfície
    (d) a estimulação simpática aumenta a captação de oxigênio respiratório, dando ao sangue uma coloração de um vermelho mais vivo

4. Se o sinal (mensagem) visceral do intestino delgado não alcança a medula espinal, que estruturas poderiam estar lesadas?
    (a) neurônios pré-ganglionares (b) ramos comunicantes brancos
    (c) ramos comunicantes cinzentos (d) nenhuma das anteriores é correta

5. Os efeitos da adrenalina e noradrenalina liberadas pelas glândulas supra-renais são mais prolongados do que aqueles de qualquer substância química quando liberada nas junções neuroefetuadoras. Por quê?

6. Por que os efeitos da estimulação parassimpática são mais específicos e localizados (resposta focal) do que os da parte simpática?

7. Como a função da glândula sudorífera é regulada pela atividade simpática?

8. Como os gânglios do tronco simpático diferem dos gânglios colaterais e dos gânglios intramurais?

9. Compare os efeitos gerais das partes simpática e parassimpática do SNA.

10. Descreva a organização geral da uma via de eferência motora visceral.

Nível 3 – Pensamento crítico

1. Em alguns casos graves, uma pessoa com úlcera gástrica pode necessitar de uma cirurgia para seccionar os ramos do nervo vago que inervam o estômago. Como isso poderia minimizar o problema?

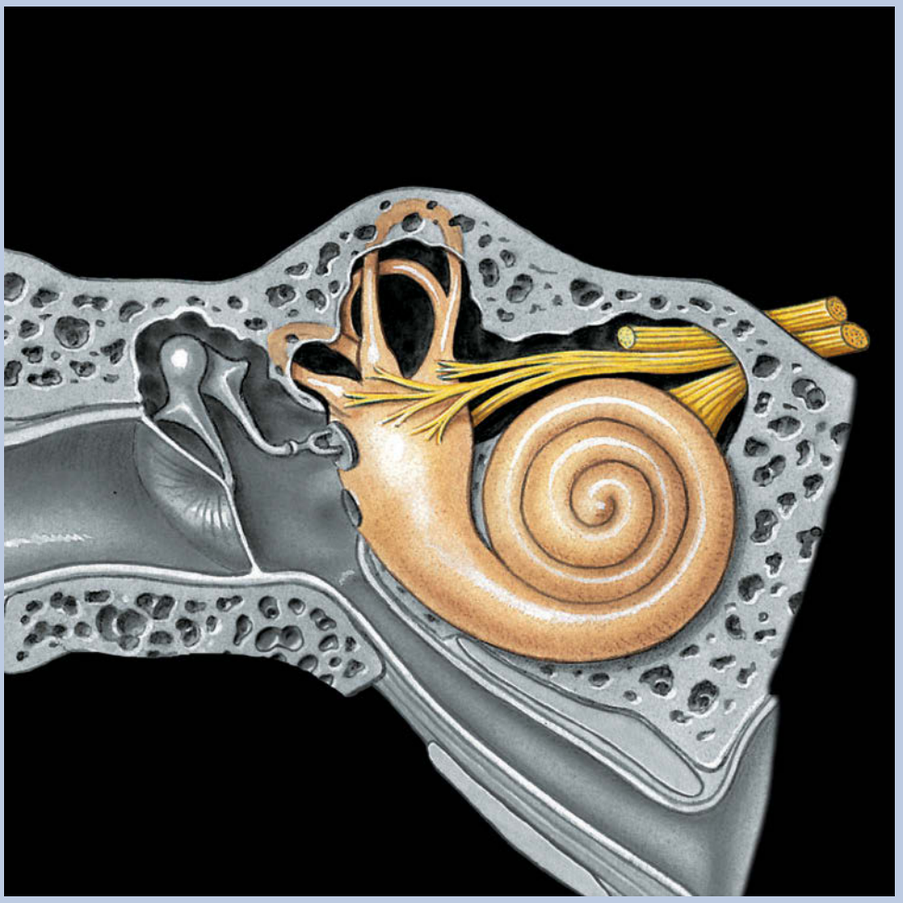
2. Que alterações na função do SNA levariam um médico a diagnosticar uma síndrome de Bernard-Horner?

3. Cassandra é picada no pescoço por uma vespa. Por ser alérgica ao veneno da vespa, a garganta começou a inchar e as vias aéreas sofreram constrição. Qual seria mais útil no alívio de seus sintomas, a acetilcolina ou a adrenalina? Por quê?

18

O Sistema Nervoso

Sentidos Gerais e Especiais



OBJETIVOS DO CAPÍTULO:

1. Definir sensação e discutir suas origens.
2. Distinguir entre os sentidos gerais e especiais.
3. Explicar por que os receptores respondem a estímulos específicos e como a estrutura de um receptor influencia sua sensibilidade.
4. Distinguir entre receptor fásico e tônico.
5. Identificar os receptores dos sentidos gerais e descrever resumidamente como eles funcionam.
6. Classificar os receptores de acordo com o estímulo específico, a localização no corpo e a estrutura histológica.
7. Identificar, descrever e discutir os receptores e as vias sensitivas envolvidas no sentido do olfato.
8. Identificar, descrever e discutir os receptores e as vias sensitivas envolvidas no sentido da gustação.
9. Identificar e descrever as estruturas da orelha e seus papéis no processamento das sensações de equilíbrio e descrever o mecanismo pelo qual mantemos o equilíbrio.
10. Identificar e descrever as estruturas da orelha que coletam, amplificam e conduzem o som e as estruturas da via auditiva.
11. Descrever as vias utilizadas pelas informações auditivas e do equilíbrio que são transmitidas ao encéfalo.
12. Identificar e descrever as camadas do olho e as funções das estruturas em cada camada.
13. Explicar como a luz é focalizada pelo olho.
14. Identificar as estruturas da via visual.

Introdução 471

Receptores 471

Os sentidos gerais 472

O olfato (olfação) 477

A gustação (paladar) 478

O equilíbrio e a audição 480

A visão 491

Para a célula, toda membrana plasmática funciona como um receptor, porque ela responde às mudanças no ambiente extracelular. As membranas plasmáticas diferem em suas sensibilidades a estímulos elétricos, químicos e mecânicos específicos. Por exemplo, um hormônio que estimula um neurônio pode não ter efeito em um osteócito, porque a membrana plasmática de neurônios e osteócitos contém diferentes proteínas receptoras. Um **receptor sensitivo** é uma célula especializada ou um processo intracelular que controla as condições no corpo ou no meio ambiente. A estimulação do receptor, direta ou indiretamente, altera a produção de potenciais de ação em um neurônio sensitivo. pág. 351

A informação sensitiva que alcança o SNC é chamada de **sensação**; a **percepção** é o conhecimento consciente de uma sensação. O termo **sentidos gerais** se refere às sensações de temperatura, dor, tato, pressão, vibração e propriocepção (posição do corpo). Receptores sensitivos gerais estão distribuídos por todo o corpo. Essas sensações chegam ao córtex sensitivo primário, ou *córtex sensitivo somático*, por meio de vias que já foram descritas. pág. 432

Os **sentidos especiais** são o olfato (*olfação*), a gustação (*paladar*), o equilíbrio, a audição e a visão. As sensações são fornecidas por células receptoras especializadas estruturalmente mais complexas do que aquelas das sensações gerais. Estes receptores estão localizados em **órgãos sensoriais** complexos, como o olho ou a orelha. A informação é enviada a centros em todo o encéfalo.

Os receptores sensitivos representam a interface entre o sistema nervoso e os meios interno e externo. O sistema nervoso conta com informações sensitivas precisas para controlar e coordenar respostas relativamente rápidas a estímulos específicos. Este capítulo começa com um resumo da função dos receptores e dos conceitos básicos do processamento sensitivo. A seguir, aplicaremos esta informação a cada um dos sentidos gerais e especiais no curso da descrição de suas estruturas.

Receptores [Figura 18.1]

Cada receptor tem uma sensibilidade característica. Por exemplo, um receptor tátil é muito sensível à pressão, mas relativamente insensível a estímulos químicos. Este conceito é chamado de **especificidade sensitiva**. A especificidade resulta da estrutura da própria célula receptora ou da presença de células acessórias ou estruturas que a isolem de outros estímulos. Os receptores mais simples são dendritos de neurônios sensitivos, chamados de **terminações nervosas livres**, que podem ser excitados por vários estímulos. Por exemplo, as terminações nervosas livres que transmitem a sensação de dor podem responder a estímulos químicos e de pressão, modificações de temperatura ou de lesão física. Ao contrário, as células receptoras do olho são rodeadas por células acessórias que normalmente evitam a excitação por qualquer estímulo que não seja a luz. A área controlada por uma única célula receptora é o **campo receptor** (Figura 18.1). Toda vez que um estímulo suficientemente forte atinge um campo receptor, o SNC recebe a informação. Quanto maior o campo receptor, menor será nossa capacidade de localizar o estímulo. Por exemplo, um receptor tátil na superfície geral do corpo pode ter um campo receptor de até 7 cm de diâmetro. Como resultado, um leve toque poderá ser descrito apenas de maneira genérica, como se o estímulo estivesse excitando uma área aproximadamente deste tamanho. Na língua, onde os campos receptores são menores do que 1 mm de diâmetro, podemos ser bem mais precisos sobre a localização de um estímulo.

Um estímulo sensitivo aferente pode assumir várias formas diferentes – pode ser uma força física, como uma pressão; uma substância química dissolvida; um som; ou um feixe de luz. Entretanto, qualquer que seja sua natureza, a informação sensitiva deve ser enviada ao SNC sob a forma de potenciais de ação, que nada mais são do que eventos elétricos. A informação sensitiva aferente é processada e interpretada pelo SNC em níveis subconsciente e consciente.

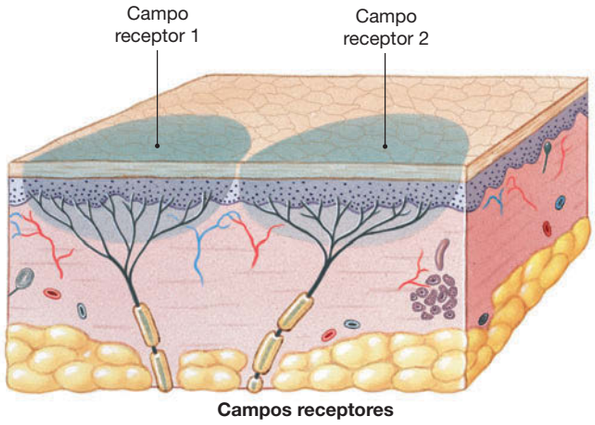


Figura 18.1 Receptores e campos receptores.
Cada receptor controla uma área específica conhecida como campo receptor.

Interpretação da informação sensitiva

Quando a informação sensitiva alcança o SNC, ela é direcionada de acordo com a localização e a natureza do estímulo. Ao longo das vias sensitivas discutidas no Capítulo 16, os axônios retransmitem a informação de um ponto A (o receptor) para um ponto B (um neurônio situado em uma área específica do córtex cerebral). A conexão entre o receptor e o neurônio cortical é chamada de **linha sensitiva exclusiva**. Cada linha sensitiva exclusiva leva a informação relacionada a um sentido específico (tato, pressão, visão, etc.) a partir de receptores situados em um determinado local do corpo. A identidade da linha sensitiva exclusiva ativada indica a localização e a natureza do estímulo. *Todas as outras características do estímulo são transmitidas pelo padrão dos potenciais de ação nas fibras sensitivas aferentes.* Esta **codificação sensitiva** fornece informação sobre o comprimento, a duração, a variação e o movimento do estímulo.

Alguns neurônios sensitivos, denominados **receptores tônicos**, estão sempre ativos. Os fotorreceptores no olho e os vários receptores que controlam a posição do corpo são exemplos de receptores tônicos. Outros receptores estão normalmente inativos, mas se tornam ativos por um curto espaço de tempo toda vez que ocorre uma mudança nas condições que eles estão controlando. Esses são **receptores fásicos** e fornecem informação sobre a intensidade e a taxa de variação de um estímulo. Muitos receptores do tato e de pressão na pele são exemplos de receptores fásicos. Receptores que combinam codificação tônica e fásica transmitem informação sensitiva extremamente complexa; receptores que controlam as posições e os movimentos das articulações pertencem a esta categoria.

Processamento central e adaptação

A **adaptação** é a redução da sensibilidade na presença de um estímulo constante. A **adaptação periférica** ocorre quando receptores ou neurônios sensitivos alteram seus níveis de atividade. No início, o receptor responde intensamente ao estímulo, mas em seguida a atividade ao longo da fibra sensitiva aferente diminui gradualmente, em parte por causa da fadiga sináptica. Esta resposta é característica de receptores fásicos, que também são chamados de **receptores de adaptação rápida**. Receptores tônicos mostram pouca adaptação periférica e, por isso, são chamados de **receptores de adaptação lenta**.

A adaptação também ocorre no SNC, ao longo das vias sensitivas. Por exemplo, poucos segundos após a exposição a um novo odor, o conhecimento consciente do estímulo praticamente desaparece, embora os neurônios sensitivos ainda estejam ativados. Este processo é conhecido como **adaptação central**. A adaptação central geralmente envolve a inibição de núcleos ao longo de uma via sensitiva.

Além disso, em nível subconsciente, a adaptação central restringe a quantidade de detalhes que alcançam o córtex cerebral. A maior parte da informação sensitiva aferente é processada em centros na medula espinal e no tronco encefálico, desencadeando eventualmente reflexos involuntários. Somente cerca de 1% da informação conduzida pelas fibras sensitivas aferentes alcança o córtex cerebral e o nosso conhecimento consciente.

Limitações sensitivas

Nossos receptores sensitivos fornecem uma imagem constante e detalhada do nosso corpo e do meio ambiente que o cerca. Entretanto, essa imagem é incompleta por várias razões:

1. Os seres humanos não possuem receptores para todos os estímulos possíveis.
2. Nossos receptores têm extensões particulares de sensibilidade.
3. Um estímulo deve ser interpretado pelo SNC. Nossa percepção de um determinado estímulo é uma interpretação e nem sempre expressa a realidade.

Esta discussão apenas introduziu noções básicas sobre a função dos receptores e do processamento sensitivo. Podemos agora descrever e discutir os receptores responsáveis pelos sentidos gerais.

REVISÃO DOS CONCEITOS

1. Que tipos diferentes de estímulos podem ativar as terminações nervosas livres?
2. Diferencie receptores tônicos e fásicos.
3. O que é sensação?
4. Que sensações são agrupadas sob a denominação "sentidos gerais"?

Veja a seção de Respostas na parte final do livro.

Os sentidos gerais

Os receptores para os sentidos gerais estão distribuídos por todo o corpo e possuem uma estrutura relativamente simples. Uma classificação esquemática simples os divide em *exteroceptores*, *proprioceptores* e *interoceptores*. Os **exteroceptores** fornecem informação a respeito do meio ambiente, os **proprioceptores** controlam a posição do corpo e os **interoceptores** controlam as condições no interior do organismo.

Um sistema de classificação mais detalhado divide os receptores sensitivos gerais em quatro tipos, de acordo com a natureza do estímulo que os excita:

1. Os **nociceptores** (*noceo*, prejudicar) respondem a uma diversidade de estímulos, geralmente associados com lesão tecidual. A ativação dos receptores causa a sensação de dor.
2. Os **termorreceptores** respondem a mudanças na temperatura.
3. Os **mecanorreceptores** são estimulados ou inibidos por deformação, contato ou pressão nas membranas plasmáticas.
4. Os **quimiorreceptores** controlam a composição química dos líquidos do corpo e respondem à presença de moléculas específicas.

Cada tipo de receptor tem características estruturais e funcionais únicas. Você notará que alguns receptores táteis e mecanorreceptores são identificados por epônimos (nomes célebres). Atualmente, os anatomistas vêm propondo alternativas diferenciadas para esses nomes, ainda que não haja consenso nem padronização. Significativamente, *nenhum* dos nomes alternativos tem sido amplamente aceito na literatura primária (jornais ou revistas profissionais, técnicas ou clínicas). Para evitar mais confusão, este capítulo usará os epônimos onde não houver um nome alternativo genericamente aceito ou amplamente utilizado.

Nociceptores [Figuras 18.2/18.3a]

Os nociceptores, ou receptores de dor, são especialmente comuns nas camadas superficiais da pele (**Figura 18.3a**), nas cápsulas articulares, no periósteo e ao redor das paredes dos vasos sangüíneos. Há poucos nociceptores em outros tecidos profundos ou na maioria das vísceras. Os receptores de dor são terminações nervosas livres com amplos campos receptores. Como conseqüência, é sempre difícil determinar a exata origem da sensação dolorosa.

Há três tipos de nociceptores: (1) receptores sensitivos para temperaturas extremas, (2) receptores sensitivos para lesão mecânica e (3) receptores sensitivos para substâncias químicas dissolvidas, como aquelas liberadas por células lesadas. Contudo, estímulos muito intensos (temperatura, pressão ou químicos) excitarão todos os três receptores.

As sensações de **dor rápida**, ou *dor aguda* ou *dor em pontada*, são produzidas por cortes profundos ou lesões similares. Essas sensações alcançam o SNC muito rapidamente, onde costumam desencadear reflexos somáticos. Elas também podem ser retransmitidas ao córtex sensitivo primário e, assim, receber atenção consciente. As sensações dolorosas cessam somente após o término da lesão tecidual. No entanto, a adaptação central pode reduzir a *percepção* da dor enquanto os receptores de dor ainda estiverem ativos.

As sensações de **dor lenta**, ou *dor em queimação* ou *dor crônica*, resultam do mesmo tipo de lesão que causa a sensação de dor aguda. Por

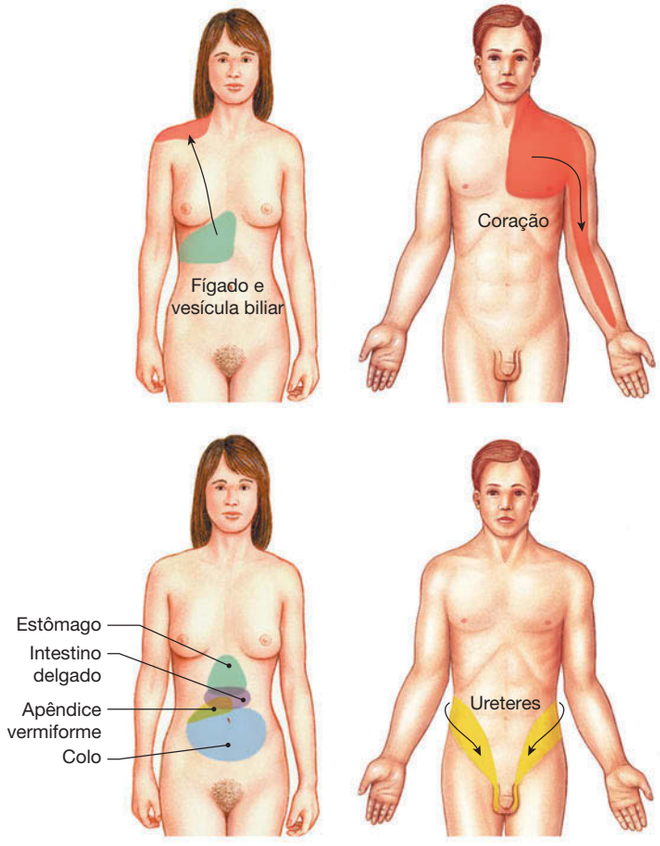


Figura 18.2 Dor referida.
Sensações de dor originadas em vísceras são freqüentemente percebidas como se envolvessem regiões específicas da superfície do corpo inervadas pelos mesmos nervos espinais.

exemplo, um corte na mão produz uma imediata consciência de dor aguda, seguida algum tempo depois pelo padecimento da dor lenta. As sensações de dor crônica causam a ativação generalizada da formação reticular e do tálamo. O indivíduo se conscientiza da dor, mas tem apenas uma idéia geral da área afetada. Freqüentemente, uma pessoa que experimenta uma sensação de dor lenta palpará a área na tentativa de localizar a origem da dor.

As sensações dolorosas provenientes de vísceras são conduzidas por nervos sensitivos que alcançam a medula espinal pela raiz posterior dos nervos espinais. Essas sensações dolorosas viscerais são quase sempre percebidas como se fossem originadas em áreas mais superficiais, inervadas por esses mesmos nervos espinais. O mecanismo preciso responsável pela **dor referida** permanece desconhecido, mas vários exemplos clínicos são mostrados na Figura 18.2. A dor cardíaca, por exemplo, é freqüentemente percebida como se tivesse origem na região superior do tórax ou no braço esquerdo.

Termorreceptores

Os receptores de temperatura são encontrados na derme da pele, nos músculos esqueléticos, no fígado e no hipotálamo. Os receptores de frio são três a quatro vezes mais numerosos do que os de calor. Os termorreceptores são terminações nervosas livres, e não há diferenças estruturais conhecidas entre os receptores de frio e de calor.

As sensações térmicas são conduzidas pelas mesmas vias que levam as sensações dolorosas. Elas são transmitidas à formação reticular, ao tálamo e (em menor extensão) ao córtex sensitivo primário. Termorreceptores são receptores fásicos. Eles são bem ativos enquanto a temperatura está variando, mas rapidamente se adaptam a uma temperatura estável. Quando você entra em uma sala com ar-condicionado em um dia quente de verão ou em uma sala calafetada em uma noite fria de outono, a temperatura inicialmente parece desconfortável, mas o desconforto desaparece à medida que ocorre a adaptação.

Mecanorreceptores

Os mecanorreceptores são sensíveis a estímulos que estiram, comprimem, torcem ou deformam suas membranas plasmáticas. Há três tipos de mecanorreceptores: (1) *receptores táteis*, que fornecem sensações de tato, pressão e vibração; (2) *barorreceptores* (*baro*, pressão), que detectam alterações de pressão nas paredes dos vasos sangüíneos e em segmentos dos tratos digestório, genital e urinário; e (3) *proprioceptores*, que controlam as posições de articulações e músculos e são os receptores sensitivos gerais mais complexos.

Receptores táteis [Figura 18.3/Tabela 18.1]

Os receptores táteis variam, em complexidade estrutural, de uma simples terminação nervosa livre a complexos sensoriais especializados, com células acessórias e estruturas de sustentação. **Receptores de pressão** e **tato epicrítico** (tato refinado) fornecem informação acerca da origem do estímulo, incluindo sua localização exata, forma, tamanho, textura e movimento. Esses receptores são extremamente sensíveis e têm campos receptores relativamente limitados. **Receptores de pressão** e **tato protopático** (tato grosseiro) fornecem localização imprecisa e pouca informação suplementar a respeito do estímulo.

A Figura 18.3 mostra seis diferentes tipos de receptores táteis na pele. Eles podem ser subdivididos em dois grupos: *receptores não-encapsulados* (terminações nervosas livres, disco tátil e plexo do folículo piloso) e *receptores encapsulados* (corpúsculo tátil, corpúsculo de Ruffini e corpúsculo lamelar).

Receptores não-encapsulados [Figura 18.3a-c] As *terminações nervosas livres* são comuns na camada papilar da derme (Figura 18.3a). Nas áreas sensitivas, as ramificações dendríticas penetram na epiderme e fazem contato com as *células de Merkel*, situadas no estrato germinativo. ∞ pág. 91 Cada célula de Merkel se comunica com um neurônio sensitivo por meio de uma sinapse vesicular que envolve uma terminação nervosa dilatada conhecida como **disco tátil** (também chamado de *disco de Merkel*) (Figura 18.3b). As células de Merkel são sensíveis ao tato epicrítico e à pressão. Elas são tonicamente ativas, extremamente sensíveis e têm campos receptores limitados. As terminações nervosas livres também estão associadas aos plexos dos folículos pilosos.

Nota clínica

Dor aguda e crônica As sensações dolorosas podem resultar de lesão tecidual ou de irritação de um nervo sensitivo. A dor pode se originar onde ela é percebida, ser referida de outro local, ou representar um falso sinal gerado ao longo da via sensitiva. O tratamento difere em cada caso, e um diagnóstico preciso é o primeiro passo essencial.

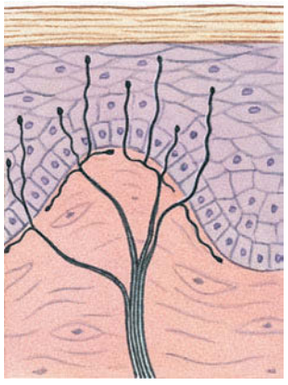
A **dor aguda** é o resultado de lesão tecidual; a causa é evidente e o tratamento local da lesão é tipicamente efetivo no alívio da dor. A solução mais eficaz é interromper a lesão, abolir a estimulação e suprimir as sensações dolorosas no local da lesão. A lesão tecidual provoca dano às membranas plasmáticas das células. Um ácido graxo chamado de ácido aracdônico escapa das membranas lesadas e estimula os nociceptores da área. As sensações dolorosas são suprimidas quando anestésicos injetados ou colocados topicamente inativam os nociceptores na área circunvizinha. Drogas anestésicas também podem ser administradas por outras vias.

A **dor crônica** é mais difícil de caracterizar e tratar. Ela inclui (1) a dor relacionada à lesão, que persiste mesmo após a reparação da estrutura tecidual lesada; (2) a dor proveniente de doença crônica; e (3) a dor sem causa aparente. Componentes fisiológicos e psicológicos complexos também estão envolvidos. A dor crônica pode ser amenizada por medicação antidepressiva e antiepiléptica. O aconselhamento psicológico e o aumento da atividade física freqüentemente auxiliam o doente a focalizar sua atenção para o exterior, e não para o interior. O foco no exterior pode diminuir o nível de percepção da dor e reduzir a quantidade de medicação analgésica exigida.

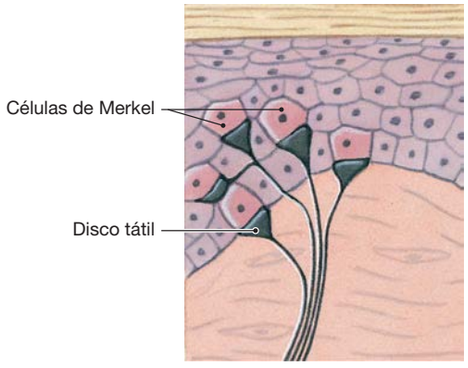
Em alguns casos, a dor crônica e a dor aguda intensa podem ser suprimidas por inibição central da via da dor. Analgésicos relacionados à morfina reduzem a dor por imitação da ação de endorfinas. A percepção da dor pode ser alterada, embora a dor persista. Por exemplo, pacientes sob a ação de morfina relatam ter percepção das sensações dolorosas, mas não ficam angustiados por causa delas. Métodos cirúrgicos podem ser usados para controlar a dor intensa. Por exemplo, (1) a inervação sensitiva de uma área pode ser destruída por corrente elétrica, (2) as raízes posteriores que levam as sensações de dor podem ser seccionadas (*rizotomia*), (3) os tratos ascendentes na medula espinal podem ser lesados (*cordotomia* ou *tratotomia*) ou (4) centros talâmicos ou límbicos podem ser estimulados ou destruídos. Essas opções são usadas somente quando os métodos clínicos de controle da dor não fornecem alívio.

Quando usada para controlar a dor, a técnica chinesa da acupuntura envolve a inserção de agulhas finas em locais específicos. Essas agulhas são esquentadas ou giradas pelo terapeuta. Teorias sugerem que o alívio da dor pode ser conseqüência da liberação de endorfinas. Não se sabe como a acupuntura estimula a liberação de endorfina; os pontos de acupuntura não correspondem à distribuição de qualquer um dos principais nervos periféricos.

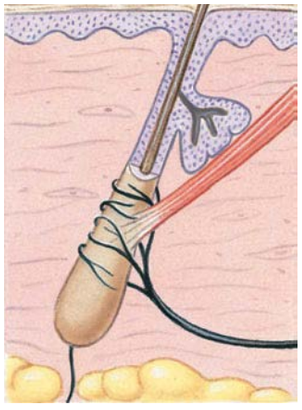
Muitos outros aspectos da geração e do controle da dor permanecem desconhecidos. Até 30% dos pacientes que recebem medicação inócua (placebo) experimentam depois uma significativa redução da dor. Tem sido sugerido que este *efeito placebo* é resultado da liberação de endorfinas, provocada pela expectativa de alívio da dor. Embora a medicação não tenha efeito direto, o efeito indireto pode ser bem marcante e complicar a avaliação de drogas analgésicas.



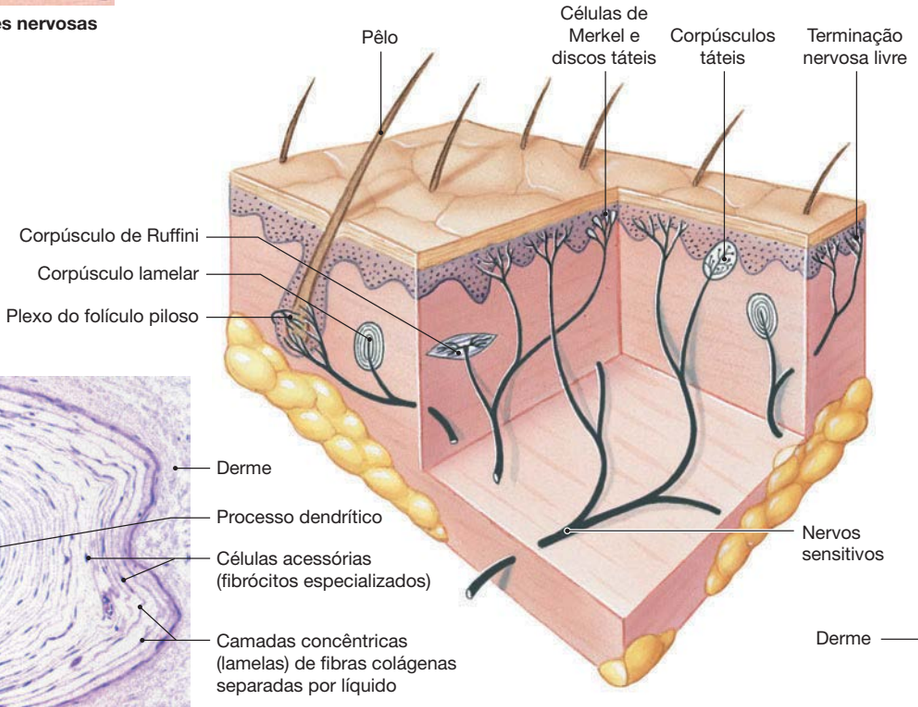
(a) Terminações nervosas livres

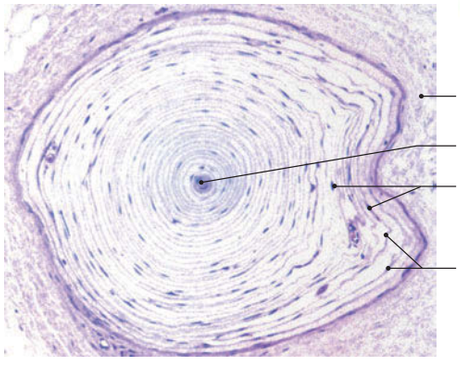


(b) Células de Merkel e discos táteis

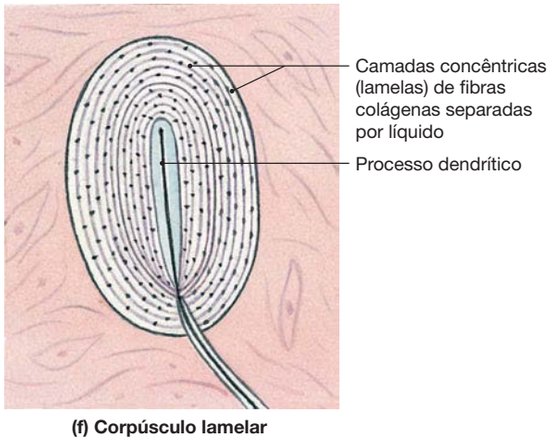


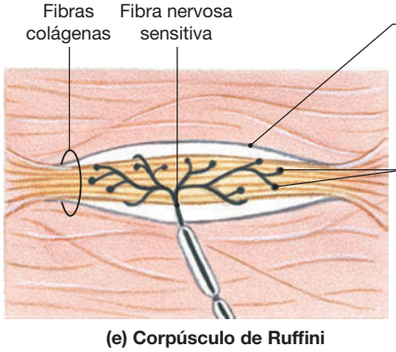
(c) Terminações nervosas livres do plexo do folículo piloso



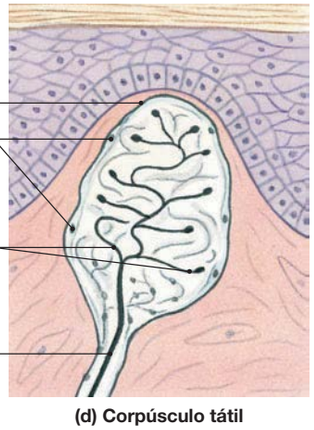


(f) Corpúsculo lamelar





(e) Corpúsculo de Ruffini



(d) Corpúsculo tátil

Figura 18.3 Receptores táteis na pele.
A localização e o aspecto histológico geral de seis importantes receptores táteis. **(a)** Terminação nervosa livre. **(b)** Células de Merkel e discos táteis. **(c)** Terminações nervosas livres do plexo do folículo piloso. **(d)** Corpúsculo tátil; os limites da cápsula, na micrografia, estão indicados pela linha pontilhada. (ML × 550) **(e)** Corpúsculo de Ruffini. **(f)** Corpúsculo lamelar. (ML × 125)

As terminações nervosas livres do **plexo do folículo piloso** controlam as deformações e os movimentos dos pêlos sobre a superfície do corpo (Figura 18.3c). Quando o pêlo é deslocado, o movimento do folículo piloso deforma os dendritos sensitivos e produz potenciais de ação nas fibras sensitivas aferentes. Estes receptores se adaptam rapidamente, motivo pelo qual detectam melhor o contato inicial e os movimentos subseqüentes. Por exemplo, muitas pessoas somente sentem suas roupas quando estão se movendo ou quando elas focam conscientemente sua atenção nas sensações táteis provenientes da pele.

TABELA 18.1 Receptores de tato e pressão

Sensação	Receptor	Responde a
Tato epicrítico	Terminação nervosa livre Disco tátil Plexo do folículo piloso	Leve contato com a pele Idem ao anterior Contato inicial com a haste do pêlo
Pressão e vibração	Corpúsculo tátil Corpúsculo lamelar	Contato inicial e vibrações de baixa freqüência Contato inicial (profundo) e vibrações de alta freqüência
Pressão profunda	Corpúsculo de Ruffini	Distensão e deformação da derme

Receptores encapsulados [Figura 18.3d-f e Tabela 18.1] Os **corpúsculos táteis**, grandes e ovais (também chamados de *corpúsculos de Meissner*), são encontrados onde a sensibilidade tátil é extremamente bem desenvolvida (Figura 18.3d). Eles são especialmente comuns nas pálpebras, nos lábios, nas extremidades dos dedos, nas papilas mamárias e nos órgãos genitais externos. Os dendritos neles presentes são muito contorcidos, entrelaçados e rodeados por células de Schwann modificadas. Uma cápsula fibrosa envolve todo o complexo e o fixa na derme. Os corpúsculos táteis detectam o toque leve, o movimento e a vibração; eles se adaptam ao estímulo poucos segundos após o contato.

Os **corpúsculos de Ruffini**, localizados na derme, também são sensíveis à pressão e deformação da pele, mas são tonicamente ativos e mostram pouca ou nenhuma adaptação. A cápsula circunda um núcleo de fibras colágenas contínuas com as da derme adjacente, e os dendritos, no interior da cápsula, estão entrelaçados ao redor dessas fibras colágenas (Figura 18.3e). Qualquer tensão ou distorção da derme arrasta ou torce as fibras colágenas no interior da cápsula, e esta mudança estira ou comprime os dendritos nelas fixados, alterando a atividade na fibra sensitiva aferente mielínica.

Os **corpúsculos lamelares** (também chamados de *corpúsculos de Paccini*) são receptores encapsulados consideravelmente maiores (Figura 18.3f). Os processos dendríticos se localizam no interior de uma série de camadas celulares concêntricas. Essas camadas protegem os dendritos de qualquer fonte virtual de estímulo que não seja a pressão direta. Os corpúsculos lamelares respondem à pressão profunda, mas são muito mais sensíveis a estímulos pulsáteis ou vibráteis. Embora os corpúsculos lamelares e os corpúsculos de Ruffini respondam à pressão, os corpúsculos lamelares se adaptam rapidamente, enquanto os corpúsculos de Ruffini se adaptam de modo mais lento. Estes receptores estão distribuídos por toda a derme, principalmente nos dedos, nas mamas e nos órgãos genitais externos. Eles também são encontrados nas fáscias superficiais e profundas, no periósteo, nas cápsulas articulares, no mesentério, no pâncreas e nas paredes da uretra e da bexiga urinária.

A Tabela 18.1 resume as funções e as características dos seis receptores táteis discutidos. A distribuição das sensações táteis para o SNC ocorre por meio do funículo posterior da medula espinal e pelos tratos espinotalâmicos. ∞ pág. 432 A sensibilidade tátil pode ser alterada por infecção periférica, doenças e lesão das fibras sensitivas aferentes ou das vias centrais, e há testes clínicos muito importantes para avaliar a sensibilidade tátil.

REVISÃO DOS CONCEITOS

1. Quando os nociceptores da sua mão são estimulados, que sensação você percebe?
2. O que acontece com um indivíduo se a informação dos proprioceptores no membro inferior for impedida de alcançar o SNC?
3. Quais são os três tipos de mecanorreceptores?

Veja a seção de Respostas na parte final do livro.

Barorreceptores [Figura 18.4]

Os **barorreceptores** são receptores de distensão que controlam as mudanças de pressão. Os receptores consistem em terminações nervosas livres que se ramificam no interior dos tecidos elásticos das paredes de uma víscera oca, de um vaso sangüíneo ou do trato respiratório, digestório ou urinário. Quando a pressão se altera, as paredes elásticas destes tubos ou órgãos se distendem ou se espremem. Estas mudanças na forma dos órgãos deformam as ramificações dendríticas e alteram a taxa de geração de potenciais de ação. Os barorreceptores respondem imediatamente à mudança na pressão.

Os barorreceptores controlam a pressão sangüínea nas paredes dos principais vasos, incluindo a artéria carótida (no *seio carótico*) e a aorta (no *seio da aorta*). A informação fornecida por esses barorreceptores exerce o principal papel na regulação da função cardíaca e no ajuste do fluxo sangüíneo para os tecidos vitais. Os barorreceptores nos pulmões controlam o grau de expansão pulmonar. Esta informação é retransmitida ao centro rítmico respiratório, que institui o ritmo da respiração. Os barorreceptores nos tratos digestório e urinário desencadeiam uma diversidade de reflexos viscerais, como a micção. A Figura 18.4 mostra exemplos das localizações e funções de barorreceptores.

Proprioceptores

Os *proprioceptores* controlam a posição das articulações, a tensão nos tendões e ligamentos e o grau de contração muscular. Em geral, os proprioceptores não se adaptam a estímulos constantes. Os *fusos musculares* são proprioceptores que controlam o comprimento de músculos esqueléticos. ∞ pág. 249 Os **órgãos tendíneos (de Golgi)** controlam a tensão nos tendões durante a contração muscular. As cápsulas articulares são ricamente supridas com terminações nervosas livres que detectam tensão, pressão e movimento da articulação. O senso de posição corporal resulta da integração da informação desses proprioceptores com a informação da orelha interna.

Quimiorreceptores [Figura 18.5]

Os *quimiorreceptores* são neurônios especializados que podem detectar pequenas diferenças na concentração de substâncias e compostos químicos específicos. Em geral, os quimiorreceptores respondem apenas a substâncias hidrossolúveis ou lipossolúveis que estão dissolvidas no líquido que os circunda.

As localizações de importantes quimiorreceptores estão indicadas na Figura 18.5. Neurônios nos centros respiratórios do encéfalo respondem à concentração de íons de hidrogênio (pH) e de dióxido de carbono (P_{CO_2}) no líquido cerebrospinal. Neurônios quimiorreceptores são encontrados no **glomo carótico**, próximo à origem das artérias carótidas internas, de cada lado do pescoço, e nos **glomos para-aórticos**, situados entre os ramos principais do arco da aorta. Estes receptores controlam as concentrações de dióxido de carbono (P_{CO_2}) e de oxigênio (P_{O_2}) do sangue arterial. As fibras sensitivas aferentes que partem do glomo carótico e dos glomos para-aórticos alcançam os centros respiratórios por meio do nono e do décimo nervos cranianos (glossofaríngeo e vago, respectivamente). Esses quimiorreceptores têm um importante papel no controle reflexo da respiração e da função cardiovascular.

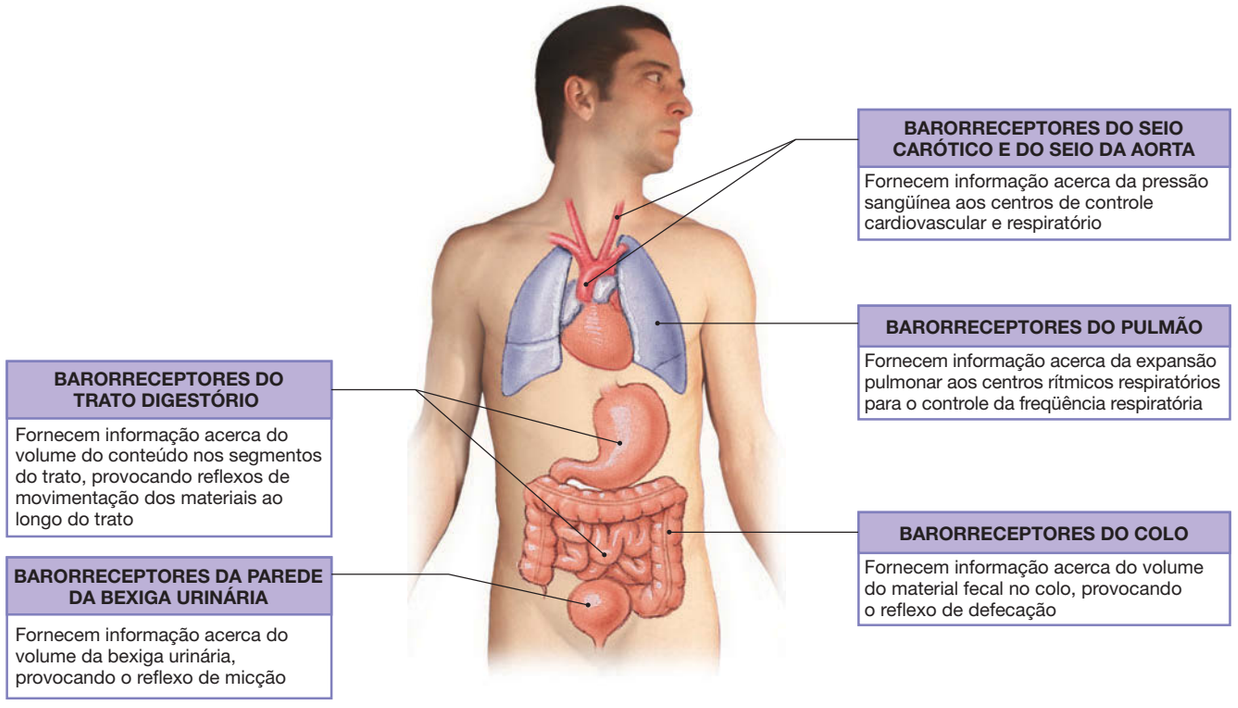


Figura 18.4 Barorreceptores e a regulação de funções autonômicas.
Os barorreceptores fornecem informação essencial para a regulação de atividades autonômicas, incluindo respiração, digestão, micção e defecação.

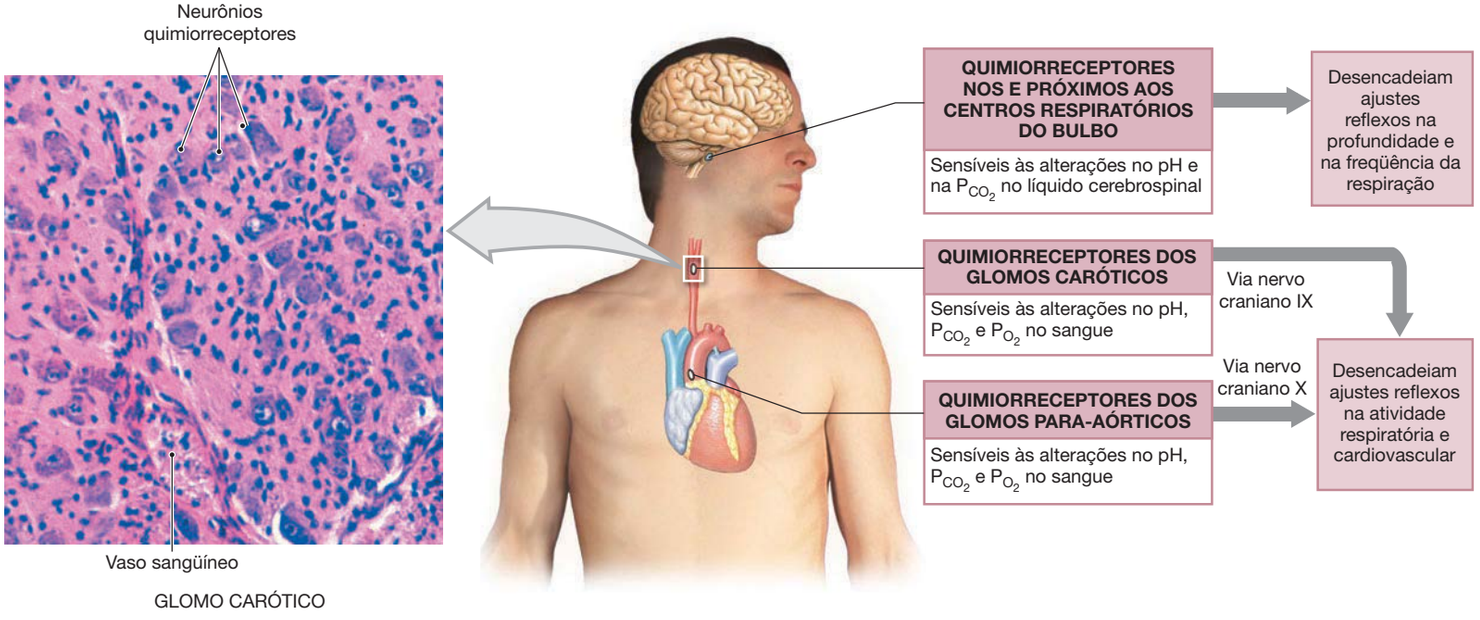


Figura 18.5 Quimiorreceptores.
Os quimiorreceptores são encontrados no interior do SNC, na superfície ventrolateral do bulbo e nos glomos carótico e para-aórticos. Estes receptores estão envolvidos na regulação autonômica das funções respiratória e cardiovascular. A micrografia mostra o aspecto histológico dos neurônios quimiorreceptores no glomo carótico. (ML × 1.500)

O olfato (olfação) [Figura 18.6]

O sentido do olfato, também chamado de **olfação**, é suprido por dois **órgãos olfatórios**. Esses órgãos estão localizados na cavidade nasal, de cada lado do septo nasal. Os órgãos olfatórios (Figura 18.6) consistem no seguinte:

- Um neuroepitélio especializado, o **epitélio olfatório**, que contém **receptores olfatórios**, **células de sustentação** e **células basais** (*células-tronco*).
- Uma camada subjacente de tecido conectivo frouxo, conhecida como *lâmina própria*. Essa camada contém (1) **glândulas olfatórias**, também chamadas de *glândulas de Bowman*, que produzem um muco pigmentado espesso; (2) vasos sangüíneos; e (3) nervos.

O epitélio olfatório recobre a superfície inferior da lâmina cribriforme e as partes superiores do septo nasal e da concha nasal superior. pág. 147 Quando o ar é inalado e atravessa a cavidade nasal, as conchas nasais provocam um fluxo aéreo turbilhonado que coloca os compostos carregados pelo ar em contato com os órgãos olfatórios. Uma inspiração normal, relaxada, oferece apenas uma pequena amostra do ar inalado (cerca de 2%) para os órgãos olfatórios. Fungar repetidamente aumenta o fluxo de ar através do epitélio olfatório, intensificando a estimulação dos receptores olfatórios. Uma vez que os compostos atinjam os órgãos olfatórios, os materiais hidrossolúveis e lipossolúveis devem se difundir no muco antes de poderem estimular os receptores olfatórios.

Receptores olfatórios [Figura 18.6b]

As células receptoras olfatórias são neurônios altamente modificados. A parte apical de cada célula receptora, dendrítica, forma uma vesícula olfatória proeminente que se projeta além da superfície epitelial para o interior da cavidade nasal (Figura 18.6b). Esta projeção fornece uma base para que até 20 cílios se prolonguem no muco adjacente, expondo suas amplas superfícies aos compostos químicos dissolvidos. Algo entre 10 e 20 milhões de células receptoras olfatórias se concentram em uma área com cerca de 5 cm^2. A recepção do olfato ocorre na superfície de um cílio olfatório, por meio da ligação a receptores de membrana específicos. Quando a substância odorífica se liga ao seu receptor, o receptor de membrana se despolariza. Isso pode provocar um potencial de ação no axônio do receptor olfatório.

Vias olfatórias [Figura 18.6]

O sistema olfatório é muito sensível. Só quatro moléculas de uma substância odorífica podem ativar um receptor olfatório. Entretanto, a ativação de uma fibra sensitiva aferente não garante a percepção do estímulo. Uma considerável divergência ocorre ao longo da via olfatória, e a inibição de sinapses intermediárias pode evitar que as sensações cheguem ao córtex cerebral.

Os axônios que partem do epitélio olfatório se reúnem em 20 ou mais feixes que atravessam a lâmina cribriforme do etmóide para fazerem sinapse com neurônios no bulbo olfatório (Figura 18.6). Esta reunião de feixes nervosos constitui o primeiro nervo craniano (N I). Os axônios de segunda ordem no bulbo olfatório caminham pelo trato olfatório para alcançarem o córtex olfatório, o hipotálamo e partes do sistema límbico.

As sensações olfatórias são as únicas sensações que alcançam o córtex cerebral sem fazerem sinapse no tálamo. As extensas conexões límbicas e hipotalâmicas ajudam a explicar as respostas emocionais e comportamentais profundas que podem ser produzidas por certos odores, como perfumes.

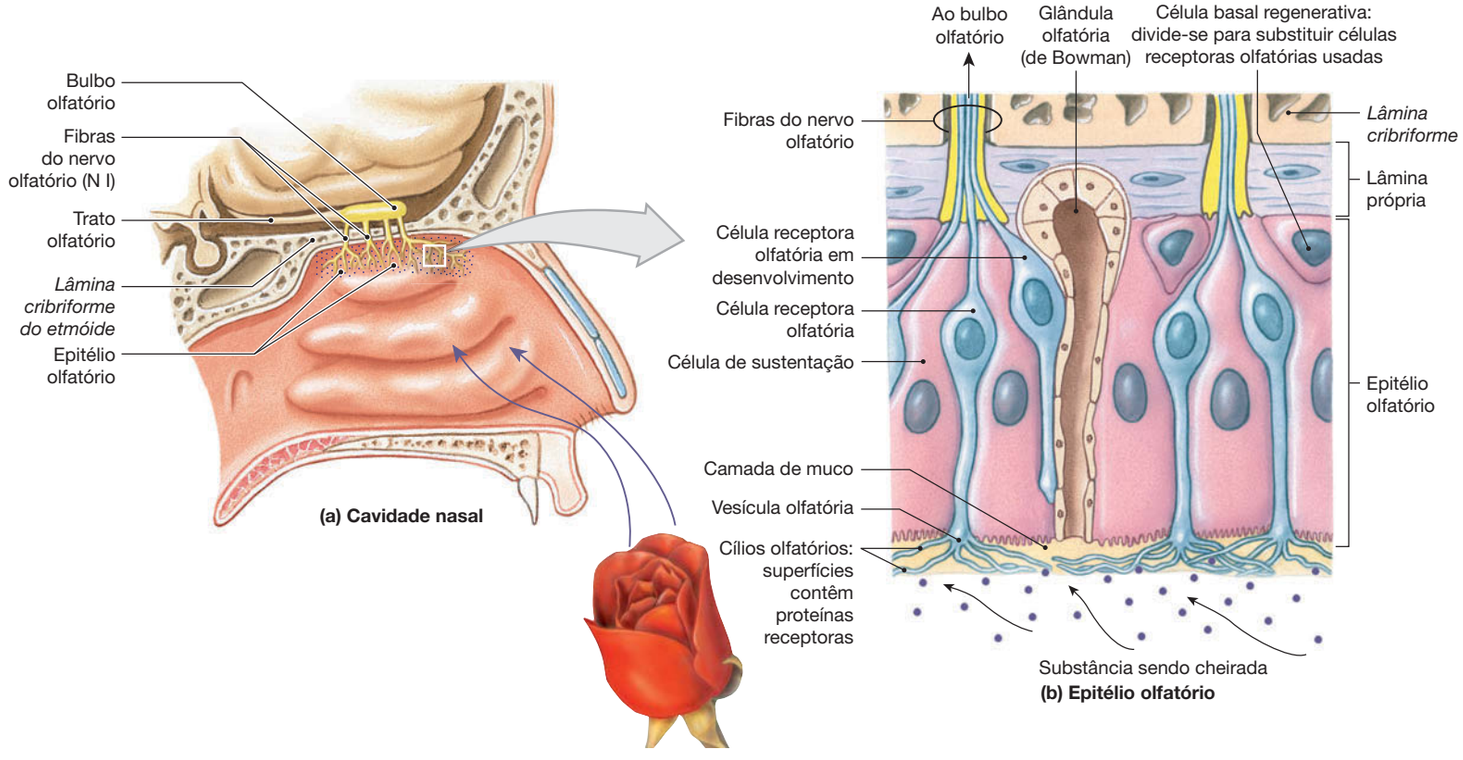


Figura 18.6 Os órgãos olfatórios.
(a) A distribuição dos receptores olfatórios no lado esquerdo do septo nasal é mostrada pela área sombreada. **(b)** Detalhe do epitélio olfatório.

Discriminação olfatória

O sistema olfatório pode fazer sutis distinções entre milhares de estímulos químicos. Sabemos que há, pelo menos, 50 "odores primários" diferentes. Não há diferenças estruturais aparentes entre as células olfatórias, mas o epitélio como um todo contém uma quantidade de receptores com sensibilidades distintamente diferentes. O SNC interpreta o odor com base em um padrão particular de atividade do receptor.

As células receptoras olfatórias são o exemplo mais conhecido de renovação de neurônios no ser humano adulto. (A renovação de neurônios também pode ocorrer no hipocampo, mas os mecanismos reguladores são desconhecidos.) Apesar da contínua renovação, o número total de receptores olfatórios diminui com a idade, e os receptores restantes tornam-se menos sensíveis. Como resultado, os indivíduos idosos têm dificuldade de detectar odores em baixa concentração. Esta diminuição no número de receptores é responsável pela tendência da nossa avó de colocar perfume em excesso e explica por que a loção pós-barba do nosso avô parece tão exagerada; é porque eles precisam aplicar mais para serem capazes de sentir o odor.

A gustação (paladar) [Figura 18.7a]

A **gustação**, ou paladar, fornece informação acerca dos alimentos e das bebidas que consumimos. Os **receptores gustatórios** (receptores do paladar) estão distribuídos sobre a superfície mucosa do dorso da língua (Figura 18.7a) e partes adjacentes da faringe e da laringe. Na idade adulta, os receptores do paladar no epitélio da faringe e da laringe têm sua importância diminuída, e os *calículos gustatórios** da língua tornam-se os receptores gustatórios primários.

Os calículos gustatórios se localizam em projeções epiteliais chamadas de **papilas** (*papilla*, mamilo). Há três tipos de papilas linguais** no ser humano: **filiformes** (*filum*, fio), **fungiformes** (*fungus*, cogumelo) e **circunvaladas** (*circum*, ao redor + *vallum*, parede). Há diferenças regionais na distribuição das papilas (Figura 18.7a).

* N. de R.T. Em alguns textos, principalmente de fisiologia, recebem o nome de *botões gustativos*.
** N. de R.T. Na Terminologia Anatômica, estão consignadas quatro papilas linguais. Além das três papilas dorsais mencionadas no texto, há ainda as *papilas folhadas*, nas margens da língua.

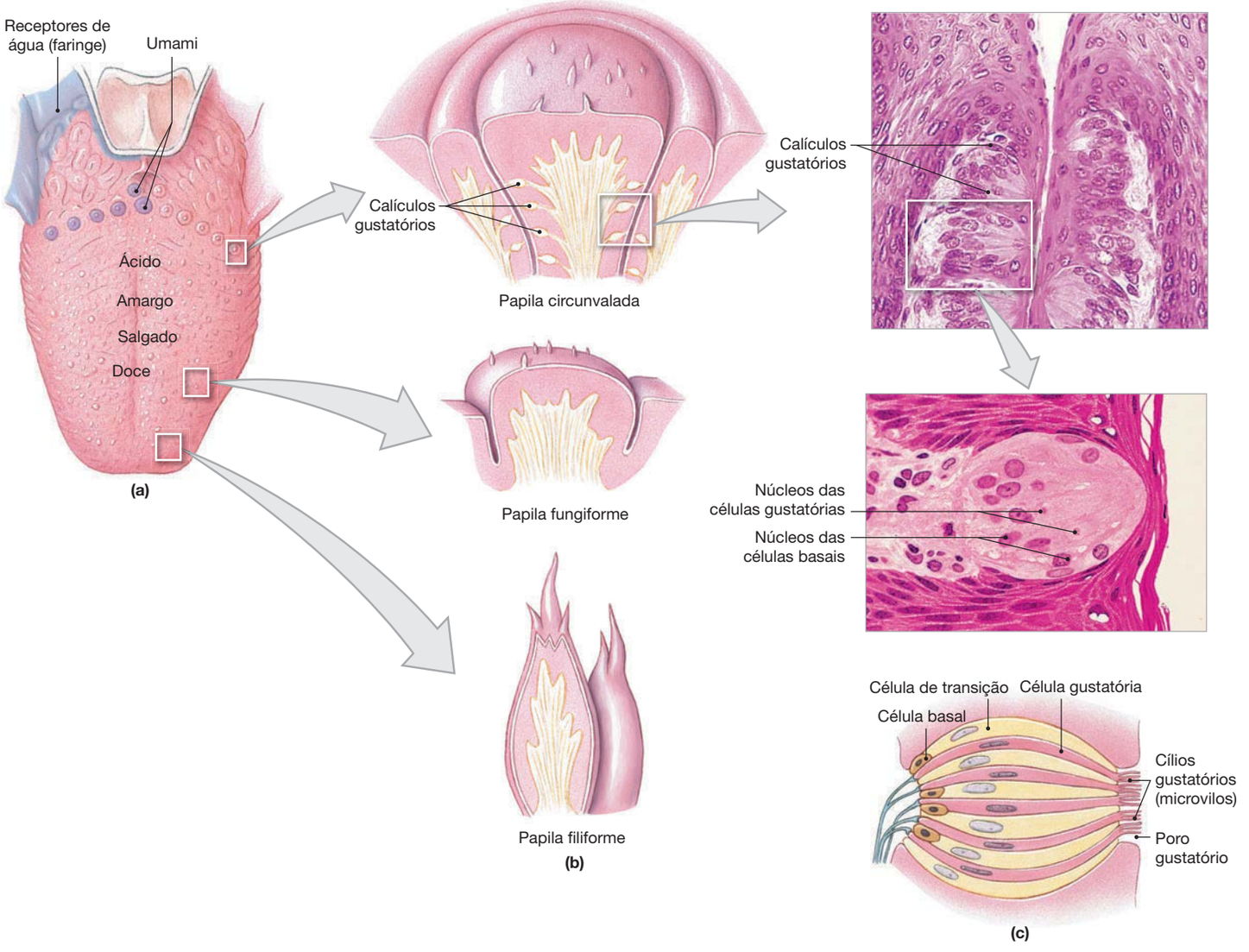


Figura 18.7 Recepção gustatória.
(a) Os receptores gustatórios são encontrados em calículos gustatórios, que formam bolsas no epitélio das papilas fungiformes e circunvaladas. **(b)** Papilas na superfície da língua. **(c)** Histologia de um calículo gustatório, mostrando células receptoras e células de sustentação. A vista esquemática mostra detalhes do poro gustatório, não visível na micrografia de luz. (MLs × 280 [superior] e × 650 [inferior])

Receptores gustatórios [Figura 18.7b,c]

Os receptores gustatórios estão agrupados em **calículos gustatórios** individualizados (Figura 18.7b,c). Cada calículo gustatório contém aproximadamente 40 delicados receptores, chamados de **células gustatórias**. Cada calículo gustatório contém pelo menos três tipos de células gustatórias diferentes, além das *células basais*, que são provavelmente células-tronco. Uma célula gustatória típica permanece íntegra por apenas 10 a 12 dias. Os calículos gustatórios estão implantados no epitélio adjacente e isolados do conteúdo relativamente não-processado da boca. Cada célula gustatória estende delicados microvilos, algumas vezes chamados de *cílios gustatórios*, no líquido que os circunda através de uma estreita abertura, o **poro gustatório**.

Cada uma das pequenas papilas fungiformes contém cerca de cinco calículos gustatórios, enquanto as grandes papilas circunvaladas, que têm a forma de V e se situam próximo à margem posterior da língua, contêm até 100 calículos gustatórios por papila. O indivíduo adulto normal possui mais de 10.000 calículos gustatórios.

O mecanismo de recepção da gustação parece ser semelhante ao da olfação. Substâncias químicas dissolvidas que entram em contato com os cílios gustatórios fornecem o estímulo que produz uma alteração no potencial da membrana em repouso da célula gustatória. A estimulação da célula gustatória resulta em potenciais de ação na fibra sensitiva aferente.

Vias gustatórias [Figura 18.8]

Os calículos gustatórios são controlados pelos nervos cranianos VII (facial), IX (glossofaríngeo) e X (vago) (Figura 18.8). As fibras sensitivas aferentes fazem sinapse no **núcleo solitário** do bulbo; então, os axônios dos neurônios pós-sinápticos entram no lemnisco medial. pág. 434 Após mais uma sinapse no tálamo, a informação é projetada na área apropriada do córtex gustatório.

A percepção do paladar envolve a correlação da informação recebida por meio dos calículos gustatórios com outras informações sensitivas. A informação relativa à textura geral do alimento, junto com sensações afins de "apimentado" ou "picante", é fornecida por fibras sensitivas aferentes do nervo trigêmeo (N V). Além disso, o nível de estimulação dos receptores olfatórios desempenha um papel essencial na percepção do paladar. Nós somos milhares de vezes mais sensíveis aos "sabores" quando nossos órgãos olfatórios estão funcionando perfeitamente. Quando você está resfriado, as moléculas carregadas pelo ar não conseguem atingir os receptores olfatórios e o alimento parece insípido e sem atrativo. Esta redução na percepção do paladar ocorrerá mesmo se os calículos gustatórios estiverem respondendo normalmente.

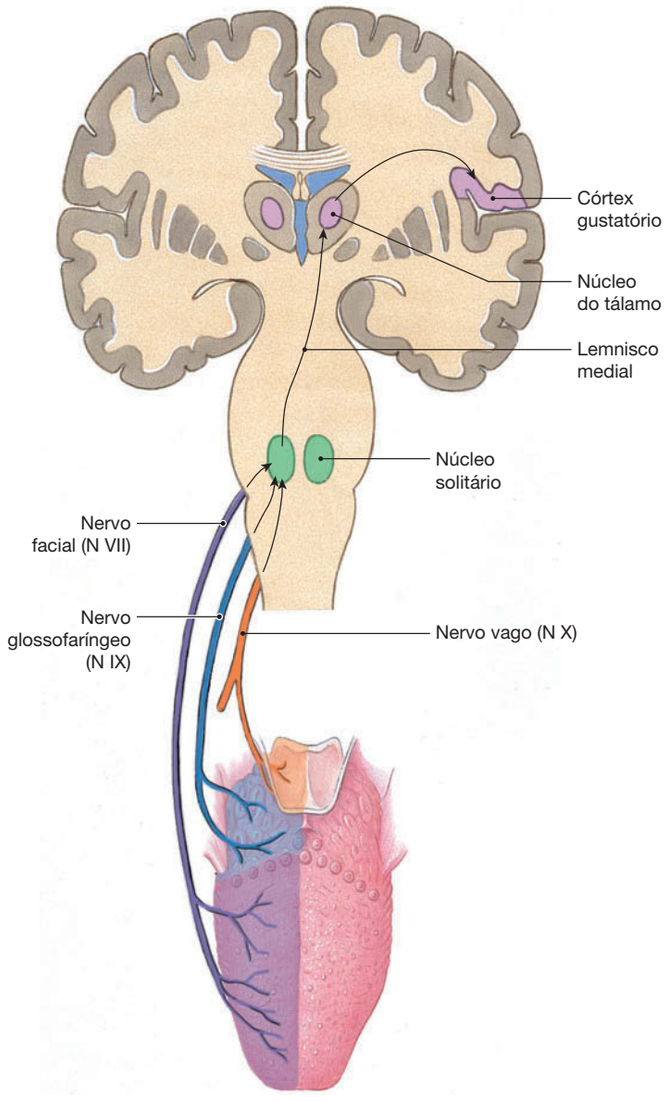


Figura 18.8 Vias gustatórias.
Três nervos cranianos (VII, IX e X) levam a informação gustatória ao córtex gustatório do cérebro.

Discriminação gustatória

Muitas pessoas estão familiarizadas com os **quatro sabores primários**: doce, salgado, ácido e amargo. Embora de fato representem percepções distintas geralmente aceitas, eles nem sequer começam a descrever a extensão total das percepções experimentadas. Por exemplo, quando descrevem um sabor em particular, as pessoas usam termos como *gorduroso*, *engomado*, *metálico*, *azedo* ou *adstringente*. Além do mais, outras culturas consideram outros sabores como sendo "primários". Entretanto, dois sabores suplementares foram recentemente descritos nos seres humanos:

- **Umami.** O umami é um sabor agradável, característico de caldo de carne ou caldo de frango. Esse sabor é produzido por receptores sensíveis à presença de aminoácidos, especialmente o glutamato, pequenos peptídeos e nucleotídeos. A distribuição desses receptores não é conhecida em detalhes, mas eles estão presentes nos calículos gustatórios das papilas circunvaladas.
- **Água.** A maioria das pessoas alega que a água não tem sabor. No entanto, pesquisas em seres humanos e em outros vertebrados têm demonstrado a presença de **receptores de água**, especialmente na faringe. Sua eferência sensitiva é processada no hipotálamo e influencia vários sistemas relacionados com o equilíbrio hídrico e a regulação da pressão sangüínea.

Um dos fatores limitantes para se estudar a recepção do paladar é que quantificar sabores cientificamente é muito difícil. As células gustatórias responsáveis por cada um dos sabores primários já foram identificadas, mas as características e permeabilidades de suas membranas plasmáticas diferem. De que forma um número relativamente pequeno de tipos de receptores parece fornecer uma experiência sensitiva tão rica e diversa ainda está para ser determinado.

O limiar para a estimulação dos receptores varia para cada um dos sabores primários, e os receptores respondem muito mais rapidamente aos estímulos desagradáveis do que aos agradáveis. Por exemplo, somos mil vezes mais sensíveis aos ácidos, que têm um sabor acre, do que a substâncias doces ou salgadas, e também somos centenas de vezes mais sensíveis a compostos amargos do que a ácidos. Esta sensibilidade tem valor para a sobrevivência, pois os ácidos podem lesar as membranas mucosas da boca e da faringe, e muitas toxinas biológicas potentes têm um gosto extremamente amargo.

Nossas habilidades gustatórias mudam com a idade. Começamos a vida com mais de 10.000 calículos gustatórios, mas seu número começa a diminuir drasticamente aos 50 anos de idade. A perda sensitiva torna-se especialmente significativa porque, quanto maior a idade, maior o declínio no número de receptores olfatórios. Como resultado, muitas pessoas idosas acham que seus alimentos têm sabor suave e não apetitoso, enquanto para as crianças este mesmo alimento freqüentemente parecerá condimentado demais.

REVISÃO DOS CONCEITOS

1. Quais são os sabores primários?
2. Por que os alimentos têm sabor suave quando você está resfriado?
3. Onde estão localizados os receptores gustatórios?
4. Cite os três tipos de papilas na língua.

Veja a seção de Respostas na parte final do livro.

O equilíbrio e a audição [Figura 18.9]

A orelha é dividida em três regiões anatômicas: a *orelha externa*, a *orelha média* e a *orelha interna* (Figura 18.9). A *orelha externa* é a parte visível da orelha, a qual coleta e direciona as ondas sonoras para a *membrana timpânica*. A *orelha média* é a câmara localizada no interior da parte petrosa do temporal. As estruturas dentro da orelha média amplificam as ondas sonoras e as transmitem à parte apropriada da orelha interna. A *orelha interna* contém os órgãos sensitivos do equilíbrio e da audição.

A orelha externa [Figuras 18.9/18.10a,b]

A **orelha externa** inclui a **orelha**, ou *pavilhão auricular**, flexível e sustentada por cartilagem elástica. A orelha circunda o **meato acústico externo**.

A orelha protege o meato acústico externo e permite uma sensibilidade direcionada para a orelha mediante o bloqueio ou a facilitação da passagem do som até a **membrana timpânica** (Figuras 18.9 e 18.10a). A membrana timpânica é uma lâmina delgada e semitransparente de tecido conectivo (Figura 18.10b) que separa a orelha externa da orelha média.

A membrana timpânica é muito delicada. A orelha e o estreito meato acústico externo fornecem certa proteção contra lesões acidentais da membrana timpânica. Além disso, **glândulas ceruminosas** distribuídas ao longo do meato acústico externo secretam um material ceráceo, e inúmeros pequenos pêlos projetados para o exterior auxiliam a evitar o acesso de corpos estranhos ou insetos. A secreção cerácea das glândulas ceruminosas, chamada de **cerume**, também diminui o crescimento de microrganismos no meato acústico externo e reduz as chances de infecção.

A orelha média [Figuras 18.9/18.10]

A **orelha média** consiste em um espaço aéreo, a **cavidade timpânica**, que contém os *ossículos da audição* (Figuras 18.9 e 18.10). A cavidade timpânica está separada do meato acústico externo pela membrana timpânica, mas se comunica com a parte nasal da faringe por meio da tuba auditiva e com os seios mastóideos por meio de diversas conexões pequenas e variáveis. pág. 146 A **tuba auditiva** é também chamada de *tuba faringotimpânica*** ou *trompa de Eustáquio*. Este tubo, com cerca de 4 cm de comprimento, penetra na parte petrosa do temporal, dentro do *canal musculotubário*. A conexão com a cavidade timpânica é relativamente estreita e sustentada por uma cartilagem elástica. A abertura na parte nasal da faringe é relativamente larga e afunilada. A tuba auditiva serve para equilibrar a pressão de ar na cavidade timpânica com a pressão atmosférica da orelha externa. A pressão aérea deve ser igual em ambos os lados da membrana timpânica, ou ocorrerá uma distorção dolorosa da membrana. Infelizmente, a tuba auditiva também pode permitir que microrganismos transitem da parte nasal da faringe para a cavidade timpânica, resultan-

* N. de R.T. Este nome não está consignado na Terminologia Anatômica.

** N. de R.T. Este nome não está consignado na Terminologia Anatômica.

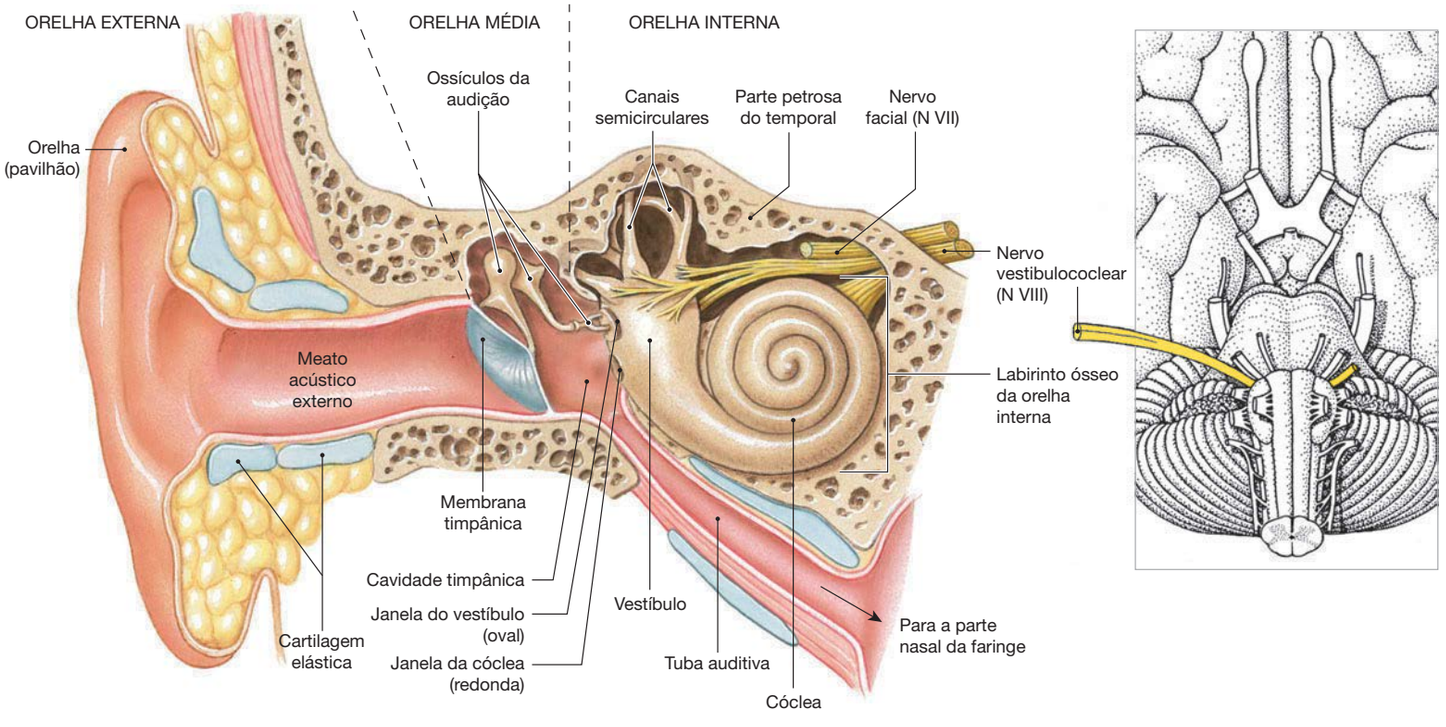


Figura 18.9 Anatomia da orelha.
Uma vista geral da orelha externa, média e interna.

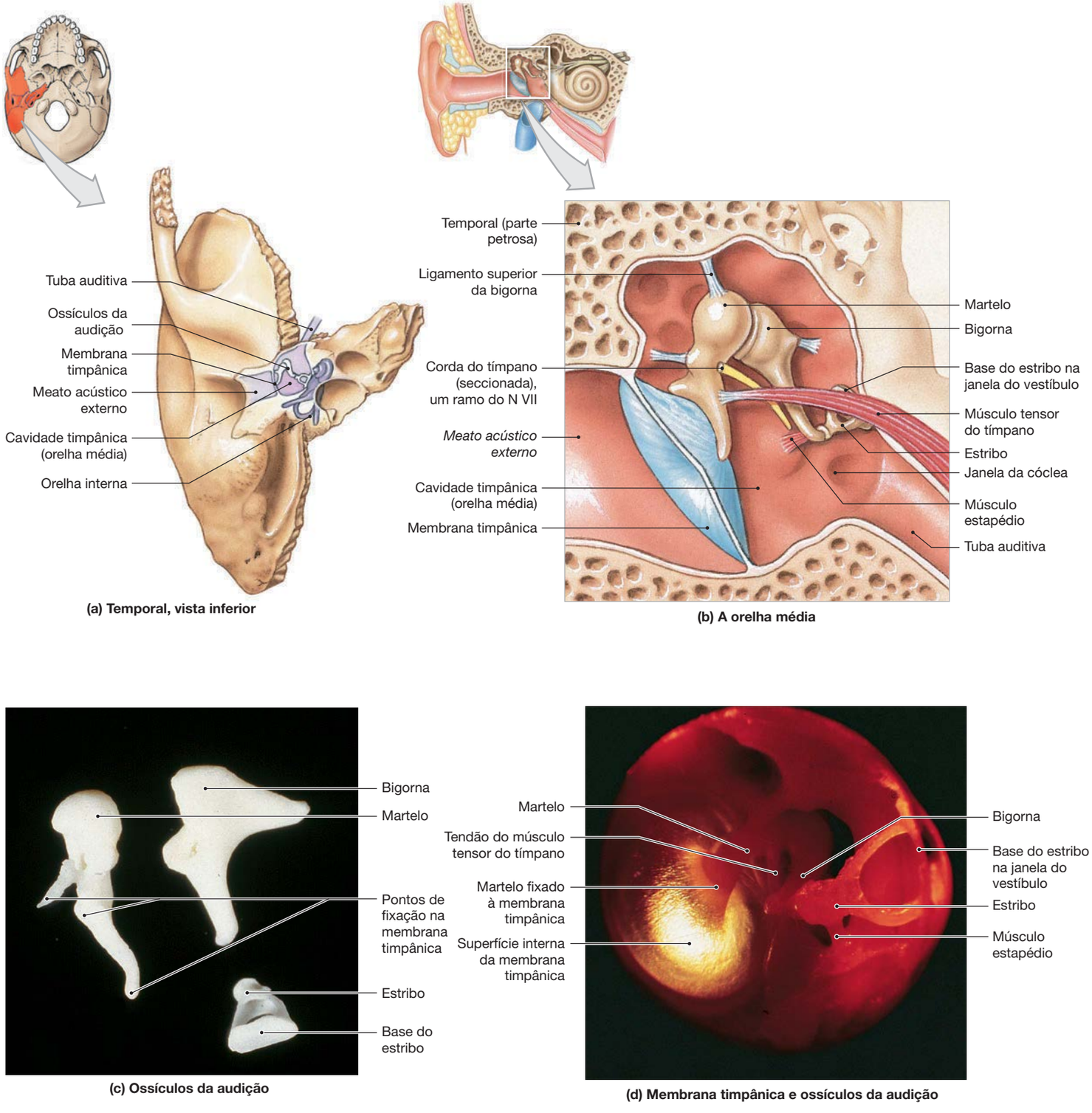


Figura 18.10 A orelha média.
(a) Vista inferior do temporal direito, desenhado em transparência, para mostrar a localização da orelha média e interna. **(b)** Estruturas no interior da cavidade timpânica. **(c)** Os ossículos da audição, isolados. **(d)** A membrana timpânica e os ossículos da audição, vistos por meio de uma fibra óptica introduzida ao longo da tuba auditiva na cavidade timpânica.

do em "infecção de ouvido". Tais infecções são especialmente comuns em crianças, porque suas tubas auditivas são relativamente curtas e largas comparadas com as dos adultos.

Os ossículos da audição [Figuras 18.9/18.10]

A cavidade timpânica contém três pequenos ossos chamados coletivamente de **ossículos da audição**. pág 146 Esses ossículos, os menores ossos do corpo, conectam a membrana timpânica com o complexo receptor da orelha interna (Figuras 18.9 e 18.10). Os três ossículos da audição são o *martelo*, a *bigorna* e o *estribo*. Esses ossículos atuam como alavancas que transferem as vibrações sonoras da membrana timpânica para as câmaras preenchidas com líquido dentro da orelha interna.

A superfície lateral do **martelo** (*malleus*, malho) se fixa à superfície interna da cavidade timpânica em três pontos. O ossículo médio, a **bigorna** (*incus*, bigorna), conecta a superfície medial do martelo ao **estribo** (*stapes*, estribo). A *base* do estribo preenche quase inteiramente a *janela do vestíbulo* (oval), um orifício na parede óssea da cavidade da orelha interna. Um *ligamento estapedial anular* se estende entre a base do estribo e as margens ósseas da janela do vestíbulo.

As vibrações da membrana timpânica convertem as ondas sonoras que nela chegam em movimentos mecânicos. Então, os ossículos da audição conduzem aquelas vibrações, e os movimentos do estribo transmitem as vibrações para o conteúdo líquido da orelha interna. Por causa da maneira como esses ossículos estão conectados, um movimento de vai-e-vem da membrana timpânica produz um movimento de balanço no estribo. A membrana timpânica é 22 vezes maior do que a janela do vestíbulo, e a quantidade de força aplicada é proporcionalmente multiplicada, da membrana timpânica à janela do vestíbulo. Este processo de amplificação produz uma deflexão relativamente potente do estribo na janela do vestíbulo.

Por causa dessa amplificação, podemos ouvir sons muito fracos. Mas este grau de amplificação pode ser um problema se estivermos expostos a ruídos muito altos. No interior da cavidade timpânica, dois pequenos músculos servem para proteger a membrana timpânica e os ossículos da audição de movimentos violentos sob condições muito barulhentas.

- O **músculo tensor do tímpano** é uma curta faixa muscular que se origina da parte petrosa do temporal, no canal musculotubário, e cuja inserção se faz no cabo do martelo (Figura 18.10b,d). Quando o músculo tensor do tímpano se contrai, o martelo é puxado medialmente, tensionando a membrana timpânica. Esta tensão aumentada reduz a quantidade de movimento possível. Esse músculo é inervado por fibras motoras eferentes do nervo mandibular, ramo do nervo trigêmeo (N V).
- O **músculo estapédio**, inervado pelo nervo facial (N VII), se origina da parede posterior da cavidade timpânica e se insere no estribo (Figura 18.10b,d). A contração desse músculo puxa o estribo, reduzindo o movimento do estribo na janela do vestíbulo.

Nota clínica

Otite média e mastoidite A **otite média aguda** é uma infecção da orelha média, freqüentemente de origem bacteriana. Costuma ocorrer em lactentes e crianças e, ocasionalmente, em adultos. A orelha média, em geral uma cavidade aérea estéril, torna-se infectada por patógenos que a ela chegam pela tuba auditiva, quase sempre durante uma infecção das via aéreas superiores (IVAS). Se causada por vírus, a otite média pode se resolver em poucos dias, sem o uso de antibióticos. Esta "conduta expectante" é mais apropriada onde a assistência médica é rapidamente disponível; a dor é mitigada com analgésicos e o uso de descongestionantes auxilia a drenagem do muco cristalino estagnado produzido como resposta ao edema da mucosa.

Se houver envolvimento de bactérias, os sintomas pioram e o muco torna-se obscuro por causa das bactérias e dos neutrófilos ativos ou mortos. A otite média aguda grave deve ser prontamente tratada com antibióticos. Conforme o pus se acumula na cavidade timpânica, a membrana timpânica torna-se dolorosamente distorcida e, nos casos não tratados, ela freqüentemente se rompe, produzindo uma efusão de pus característica no meato acústico externo. A infecção também pode se disseminar para as células mastóideas. A **mastoidite crônica**, acompanhada por drenagem através de uma membrana timpânica perfurada e necrose ao redor dos ossículos da audição, é uma causa comum de perda auditiva em áreas do mundo sem acesso a tratamento médico. Em países desenvolvidos, é raro que uma otite média progrida até o estádio no qual ocorram ruptura da membrana timpânica ou infecção do processo mastóide adjacente. A *otite média serosa* (OMS) envolve o acúmulo de líquido coloidal claro e espesso na orelha média. A patologia, que pode ser conseqüência de uma otite média aguda ou de uma infecção nasal crônica e alergias, causa perda auditiva. Como resultado, lactentes afetados podem ter um retardo no desenvolvimento da fala. O tratamento envolve o uso de descongestionantes, anti-histamínicos e, em alguns casos, antibioticoterapia prolongada. Casos refratários e otites médias recorrentes podem ser tratados com miringotomia (drenagem da orelha média por meio de uma incisão cirúrgica na membrana timpânica) e a colocação de um tubo temporário na membrana. Conforme o lactente vai crescendo, a tuba auditiva aumenta, permitindo uma melhor drenagem durante infecções das vias aéreas superiores e, portanto, tornando as duas formas de otite menos comuns.

A orelha interna [Figuras 18.9 a 18.13]

Os sentidos de equilíbrio e audição são supridos por receptores da **orelha interna** (Figuras 18.9 e 18.11). Os receptores estão alojados dentro de uma série de tubos e câmaras preenchidos com líquido conhecidos como **labirinto membranáceo** (*labyrinthos*, rede de canais). O labirinto membranáceo contém um líquido chamado de **endolinfa**. As células receptoras da orelha interna só podem funcionar quando expostas à composição iônica singular da endolinfa. (A endolinfa tem uma concentração relativamente alta de íons potássio e uma concentração relativamente baixa de íons sódio, enquanto os líquidos extracelulares têm, tipicamente, concentrações iônicas de sódio e potássio, respectivamente, altas e baixas.)

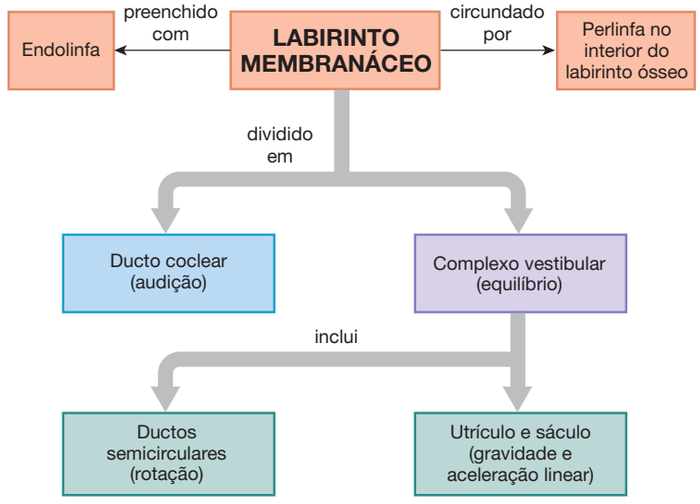


Figura 18.11 Relações estruturais da orelha interna. Fluxograma mostrando os espaços e as estruturas da orelha interna, seus conteúdos líquidos e o que estimula estes receptores.

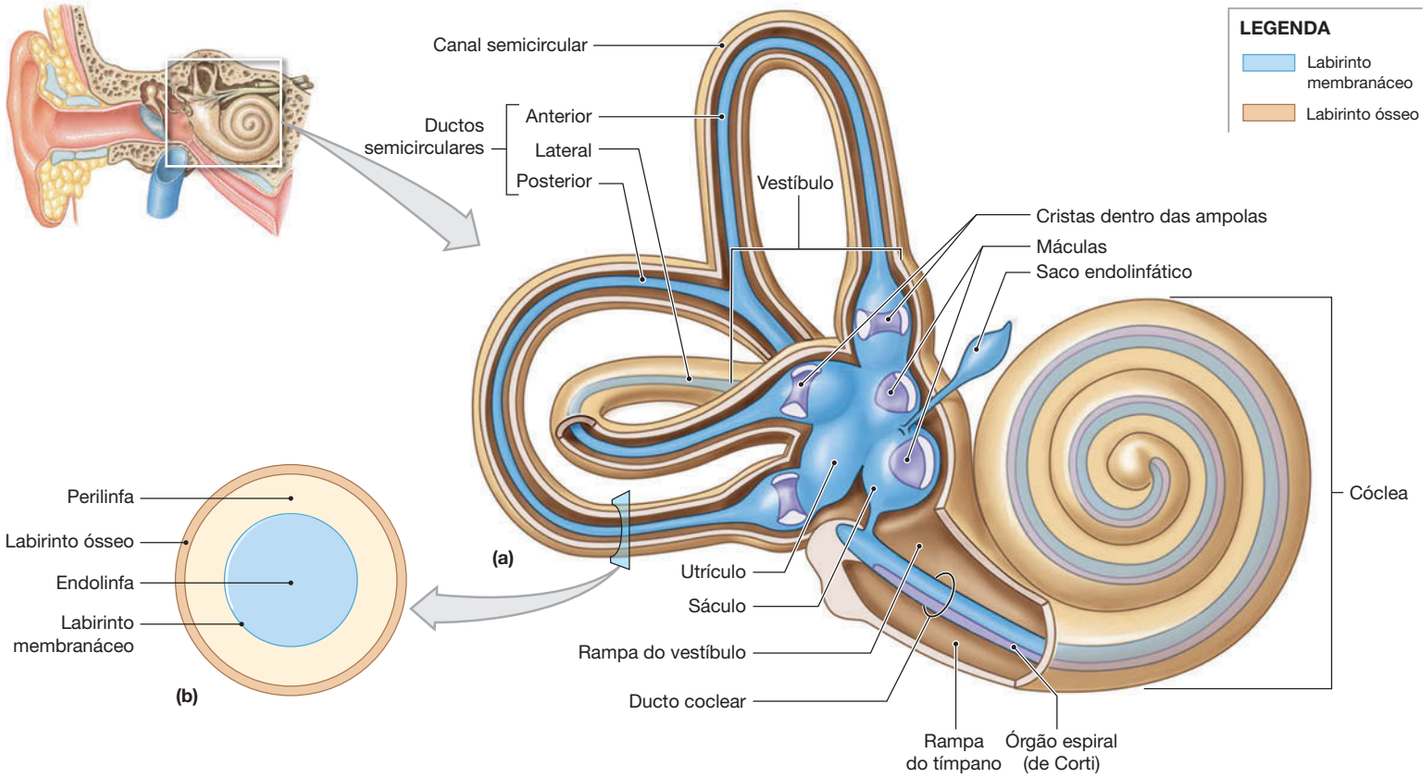


Figura 18.12 Canais e ductos semicirculares.
A orientação espacial do labirinto ósseo no interior da parte petrosa do temporal. **(a)** Vista anterior do labirinto ósseo, seccionada para mostrar os canais semicirculares e os ductos semicirculares do labirinto membranáceo. **(b)** Secção transversal de um canal semicircular para mostrar a orientação espacial do labirinto ósseo, da perilinfa, do labirinto membranáceo e da endolinfa.

O **labirinto ósseo** é um estojo ósseo denso que envolve e protege o labirinto membranáceo. Seus contornos internos acompanham exatamente os contornos do labirinto membranáceo (Figura 18.12), enquanto suas paredes externas se fundem com o temporal adjacente. pág. 145 Entre os labirintos ósseo e membranáceo flui a **perilinfa**, um líquido cujas propriedades lembram intimamente aquelas do líquido cerebrospinal.

O labirinto ósseo pode ser dividido em **vestíbulo**, **canais semicirculares** e **cóclea** (*cochlea*, caracol), como vistos nas Figuras 18.9 e 18.12a. As estruturas e os espaços aéreos da orelha externa e média funcionam na captura e transmissão do som para a cóclea.

Em conjunto, o vestíbulo e os canais semicirculares são chamados de *complexo vestibular*, porque as câmaras do vestíbulo, preenchidas com líquido, estão em ampla comunicação com aquelas dos ductos semicirculares. A cavidade no interior do vestíbulo contém um par de vesículas membranáceas, o **utrículo** e o **sáculo**. Os receptores no utrículo e no sáculo fornecem sensações de gravidade e de aceleração linear. Aqueles nos ductos semicirculares são estimulados pela rotação da cabeça.

A cóclea contém uma parte estreita e alongada do labirinto membranáceo conhecida como **ducto coclear** (Figura 18.12a). O ducto coclear se localiza, prensado, entre um par de câmaras preenchidas com perilinfa, e todo o complexo faz voltas ao redor de um eixo ósseo central. Vista em secção, a disposição espiral lembra a concha de um caracol, ou *cochlea* em latim.

As paredes externas das câmaras perilinfáticas consistem em osso denso por toda parte, exceto em duas pequenas áreas próximas à base da cóclea. A **janela da cóclea**, ou *janela redonda*, é a mais inferior das duas aberturas. Uma membrana fina e flexível abarca a abertura e separa a perilinfa em uma das câmaras cocleares do ar na orelha média (Figura 18.9). A **janela do vestíbulo**, ou *janela oval*, é a mais superior das duas aberturas na parede coclear (Figura 18.10b,c,d). A base do estribo ocupa quase completamente a janela do vestíbulo. O ligamento estapedial anular, que se estende entre as margens da base do estribo e as margens da janela do vestíbulo, completa o fechamento. Quando um som faz vibrar a membrana timpânica, os movimentos são transmitidos até a perilinfa da orelha interna pelos movimentos do estribo. Este processo, finalmente, leva à estimulação dos receptores no interior do ducto coclear, e "ouvimos" o som.

Os receptores sensitivos da orelha interna são chamados de **células ciliadas** (Figura 18.13d). Essas células receptoras estão rodeadas por **células de sustentação** e são controladas por fibras sensitivas aferentes. A superfície livre de cada célula ciliada sustenta entre 80 e 100 *estereocílios* longos. pág. 53 Células ciliadas são mecanorreceptores altamente especializados, sensíveis à distorção de seus estereocílios. Sua capacidade de oferecer sensações de equilíbrio no vestíbulo e de audição na cóclea depende da presença de estruturas acessórias que restrinjam as fontes de estimulação. A importância dessas estruturas acessórias será evidente quando considerarmos a função das células ciliadas, na próxima seção.

O complexo vestibular e o equilíbrio

O **complexo vestibular** é a parte da orelha interna que fornece as sensações de equilíbrio pela detecção de rotação, gravidade e aceleração. Consiste nos ductos semicirculares, no utrículo e no sáculo.

Os canais semicirculares [Figuras 18.12/18.13/18.14] Os **canais semicirculares anterior**, **posterior** e **lateral** são contínuos com o vestíbulo (Figuras 18.12a e 18.13a). Cada canal semicircular circunda um **ducto semicircular**. O ducto contém uma região dilatada, a **ampola**, que contém os receptores sensitivos. Esses receptores respondem aos movimentos rotacionais da cabeça.

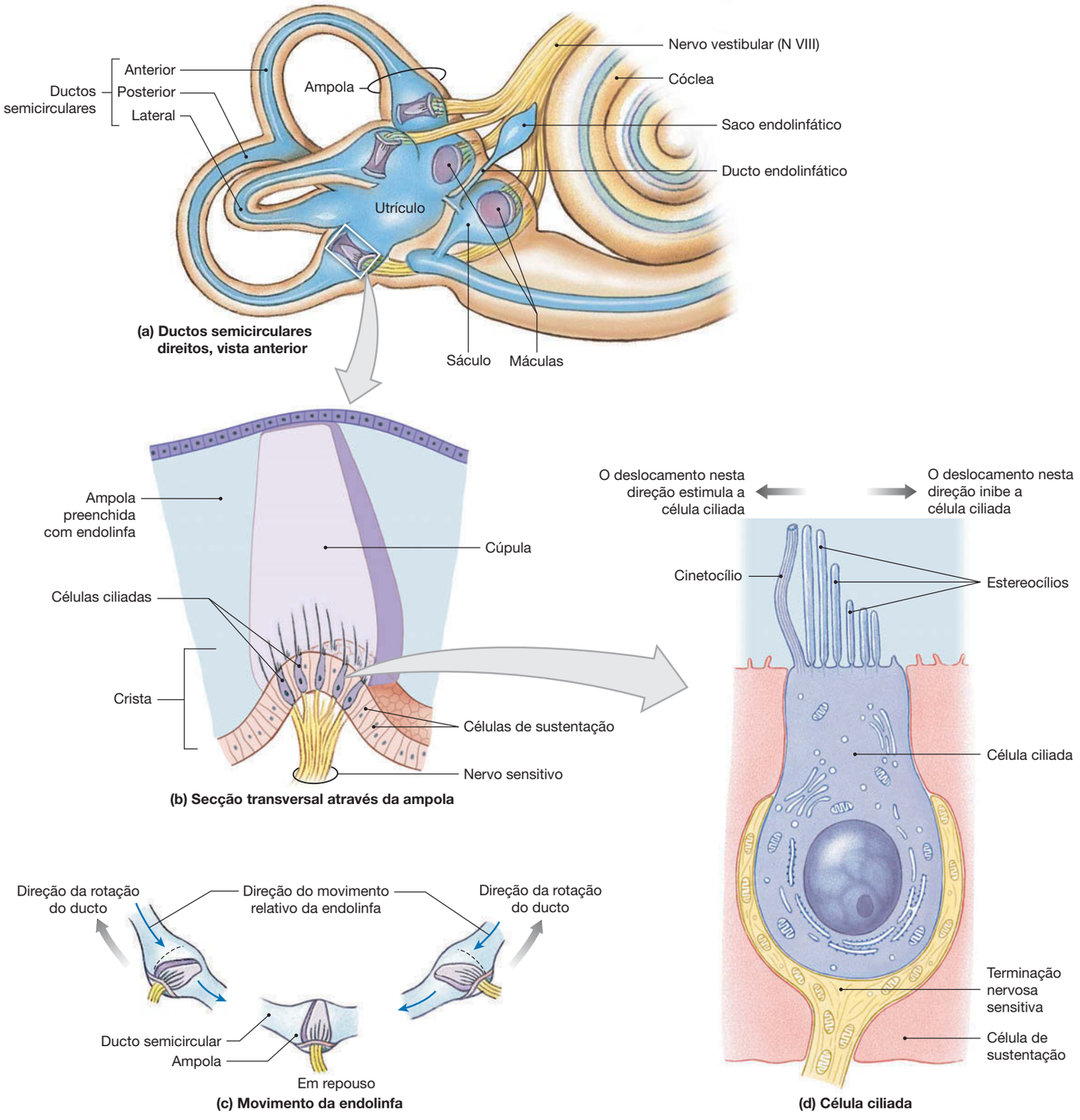


Figura 18.13 A função dos ductos semicirculares, parte I.
(a) Vista anterior das máculas e dos ductos semicirculares do lado direito. **(b)** Secção através da ampola de um ducto semicircular. **(c)** Movimento da endolinfa ao longo do comprimento do ducto movendo a cúpula e estimulando as células ciliadas. **(d)** Estrutura de uma célula ciliada típica, mostrando detalhes revelados por microscopia eletrônica. A inclinação dos estereocílios em direção ao cinetocílio despolariza a célula e estimula o neurônio sensitivo. O deslocamento na direção oposta inibe o neurônio sensitivo.

As células ciliadas que se fixam na parede da ampola formam uma estrutura saliente conhecida como uma **crista** (Figuras 18.12a e 18.13). Além dos estereocílios, cada célula ciliada no vestíbulo também contém um **cinetocílio**, um único cílio maior (Figura 18.13d). As células ciliadas não movem ativamente seus cinetocílios e estereocílios. Entretanto, quando uma força externa atua contra estes processos, a deformação da membrana plasmática altera a taxa de transmissor químico liberado pela célula ciliada.

O cinetocílio e os estereocílios das células ciliadas estão implantados em uma estrutura gelatinosa, a **cúpula**. Uma vez que a densidade da cúpula é muito próxima à da endolinfa que a circunda, ela essencialmente "flutua" acima da superfície dos receptores, praticamente preenchendo a

ampola. Quando a cabeça roda no plano do ducto, o movimento da endolinfa ao longo do eixo do ducto empurra a cúpula e deforma os processos dos receptores (Figura 18.13c). O movimento do líquido em uma direção estimula as células ciliadas, e o movimento na direção oposta as inibe. Quando a endolinfa pára de se mover, a natureza elástica da cúpula faz com que ela "balance de volta" para a sua posição normal.

Mesmo os movimentos mais complexos podem ser analisados em termos de deslocamento nos três planos de rotação. Os receptores no interior de cada ducto semicircular respondem a um dos movimentos de rotação (Figura 18.14). Uma rotação horizontal, como a sinalização da cabeça com um "não", estimula as células ciliadas do ducto semicircular lateral. Sinalizar com um "sim" excita o ducto anterior, enquanto inclinar a cabeça para um lado ou para outro ativa os receptores no ducto posterior.

O utrículo e o sáculo [Figuras 18.13a/18.15] Uma pequena passagem, contínua com o estreito **ducto endolinfático**, conecta o utrículo e o sáculo (Figura 18.13a). O ducto endolinfático termina em fundo cego, o **saco endolinfático**, que se projeta através da dura-máter, revestindo o temporal e o espaço subdural. Partes do ducto coclear secretam endolinfa continuamente e, no saco endolinfático, o excesso de líquido retorna à circulação geral.

As células ciliadas do utrículo e do sáculo estão distribuídas nas **máculas** ovais (*macula*, mancha) (Figuras 18.13a e 18.15). Como nas ampolas, os processos das células ciliadas estão implantados em uma massa gelatinosa. Entretanto, a superfície deste material gelatinoso contém cristais de carbonato de cálcio compactados conhecidos como **estatocônios** (*conium*, pó). O complexo como um todo (a matriz gelatinosa e os estatocônios) é chamado de **otólito** (*oto*, orelha + *lithos*, pedra) e pode ser visto na Figura 18.15b.

Quando a cabeça está em posição normal, ereta, os otólitos repousam no topo da mácula. Seu peso faz pressão sobre a superfície macular, empurrando os cílios sensitivos mais para baixo do que para os lados. Quando a cabeça é inclinada, a força da gravidade sobre os otólitos desvia-os para um lado. Este desvio deforma os cílios sensitivos, e a alteração na atividade da célula receptora avisa o SNC de que a cabeça não está mais nivelada (Figura 18.15c).

Por exemplo, quando um elevador arremete para baixo, imediatamente percebemos o movimento porque os otólitos não fazem mais uma pressão tão forte sobre a superfície das células receptoras. Quando o elevador se nivela, não mais percebemos o deslocamento até o elevador parar subitamente. Conforme o corpo desacelera, mais uma vez os otólitos pressionam fortemente a superfície das células receptoras e "sentimos" a força da gravidade aumentar. Um mecanismo semelhante é responsável pela nossa percepção da aceleração linear em um carro que acelera repentinamente. Os otólitos têm um deslocamento atrasado em relação ao movimento, deformando os cílios sensitivos e alterando a atividade nos neurônios sensitivos.

Nota clínica

Nistagmo Movimentos automáticos dos olhos ocorrem em resposta a sensações de movimento (reais ou ilusórias), sob o comando dos *colículos superiores*. pág. 410 Esses movimentos tentam manter o olhar focalizado em um ponto específico do espaço. Quando você gira sobre si mesmo, seus olhos se fixam em um ponto por um instante e, então, saltam adiante para um outro, realizando uma série de movimentos curtos, espasmódicos e rítmicos. Esses movimentos oculares podem aparecer em indivíduos normais, sem estarem se movimentando, nos olhares laterais extremos e após lesão ou estimulação do tronco encefálico ou da orelha interna. Esta condição é chamada de **nistagmo**. Os médicos freqüentemente avaliam o nistagmo pedindo que o paciente focalize o olhar em uma pequena lanterna que é movimentada através de seu campo visual.

Vias vestibulares [Figura 18.16] As células ciliadas do vestíbulo e dos ductos semicirculares são controladas por neurônios sensitivos localizados nos **gânglios vestibulares** adjacentes. As fibras sensitivas de cada gânglio formam o **nervo vestibular**, parte do nervo vestibulococlear (N VIII). Essas fibras fazem sinapse com neurônios dos núcleos vestibulares, no limite entre a ponte e o bulbo. Os núcleos vestibulares:

1. integram a informação sensitiva relativa ao equilíbrio estático e dinâmico proveniente de cada lado da cabeça;
2. retransmitem a informação do aparelho vestibular para o cerebelo;
3. retransmitem a informação do aparelho vestibular para o córtex cerebral, fornecendo uma sensação consciente de posição e movimento; e
4. enviam comandos aos núcleos motores no tronco encefálico e na medula espinal.

Os comandos motores reflexos enviados pelo núcleo vestibular são distribuídos aos núcleos motores dos nervos cranianos envolvidos com os movimentos do olho, da cabeça e do pescoço (N III, N IV, N VI e N XI).

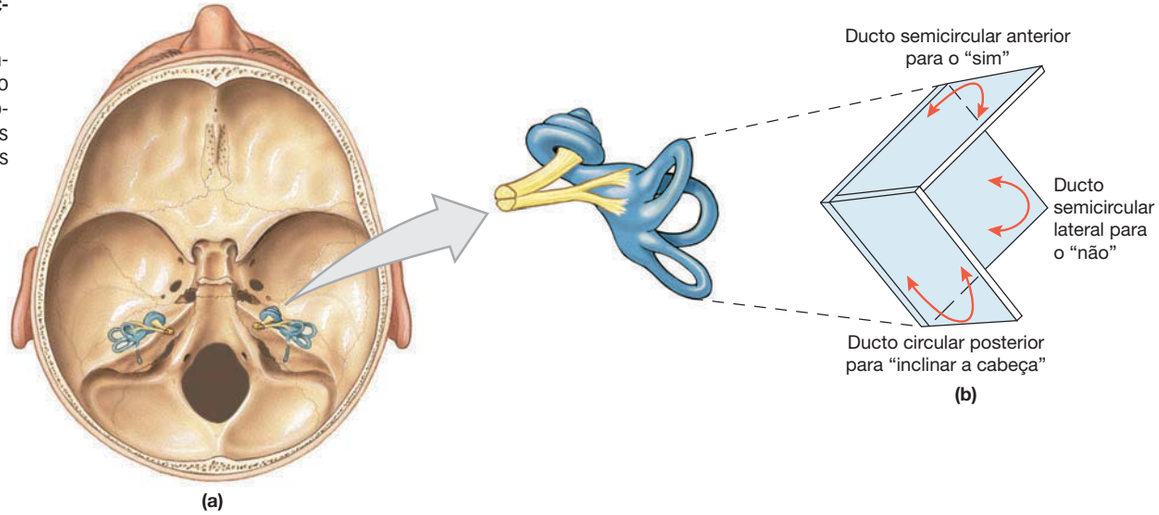


Figura 18.14 A função dos ductos semicirculares, parte II.
(a) Localização e orientação espacial do labirinto membranáceo no interior da parte petrosa do temporal. **(b)** Vista superior, mostrando os planos de sensibilidade dos ductos semicirculares.

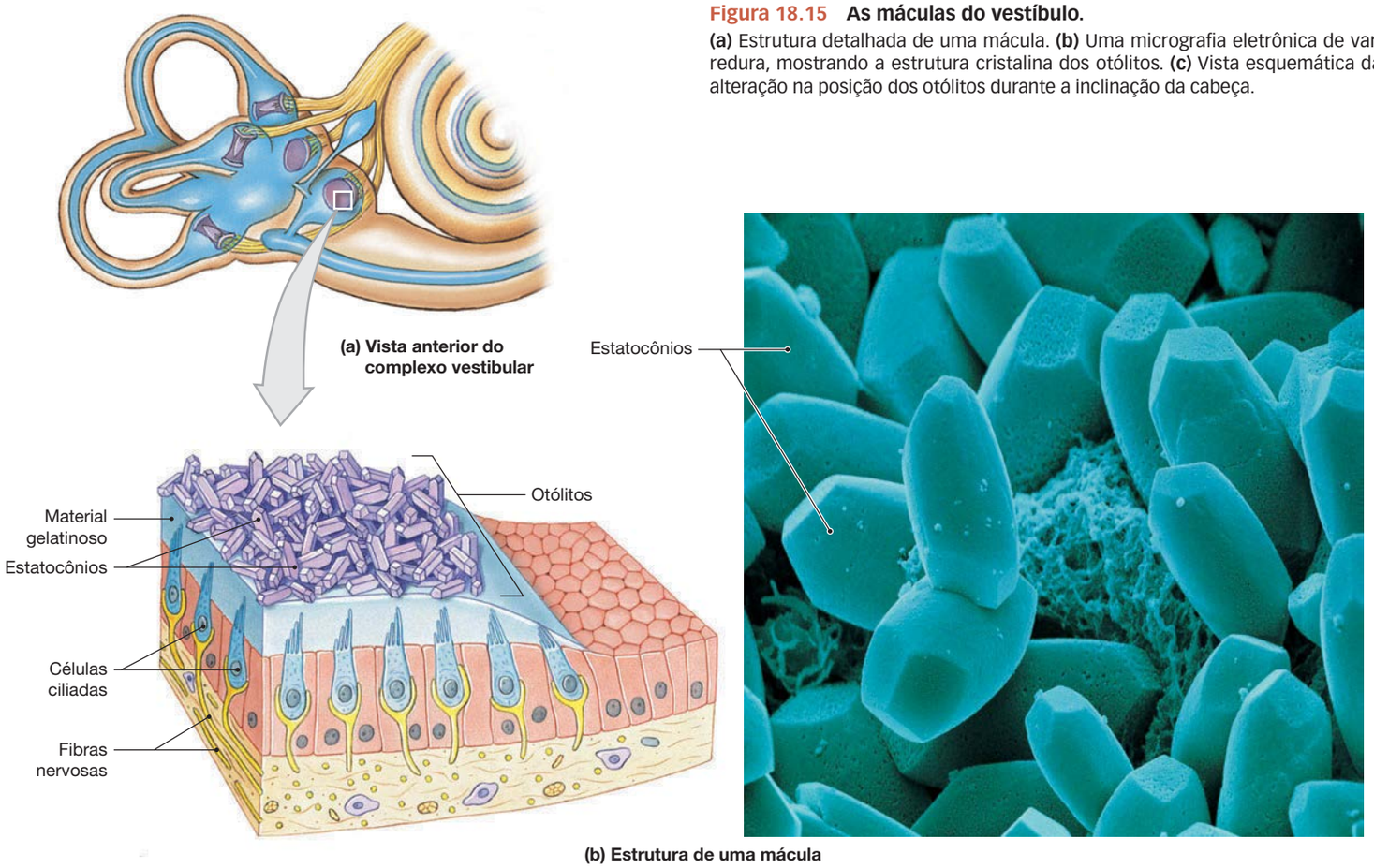


Figura 18.15 As máculas do vestíbulo.
(a) Estrutura detalhada de uma mácula. **(b)** Uma micrografia eletrônica de varredura, mostrando a estrutura cristalina dos otólitos. **(c)** Vista esquemática da alteração na posição dos otólitos durante a inclinação da cabeça.

Instruções descendentes ao longo dos **tratos vestibulospinais** da medula espinal ajustam o tono da musculatura periférica para acompanhar os movimentos reflexos da cabeça e do pescoço. pág. 439 Estas vias estão ilustradas na Figura 18.16.

REVISÃO DOS CONCEITOS

1. Você é exposto, inesperadamente, a um ruído muito forte. O que ocorre no interior da cavidade timpânica para proteger a membrana timpânica de uma lesão?
2. Identifique os ossículos da audição e descreva suas funções.
3. O que é perilinfa? Onde ela se localiza?
4. Quando você sinaliza um "não" com a cabeça, você percebe o movimento. Como estas sensações são detectadas?

Veja a seção de Respostas na parte final do livro.

Audição

A cóclea [Figura 18.17]

A cóclea (Figura 18.17) se espirala ao redor de um eixo central, ou **modíolo**. Geralmente há 2,5 voltas na espira da cóclea. O modíolo encerra o **gânglio espiral**, que contém os corpos celulares dos neurônios sensitivos que controlam os receptores no ducto coclear. Em uma secção, o *ducto coclear*, ou *rampa média*, se localiza entre um par de câmaras perilinfáti-

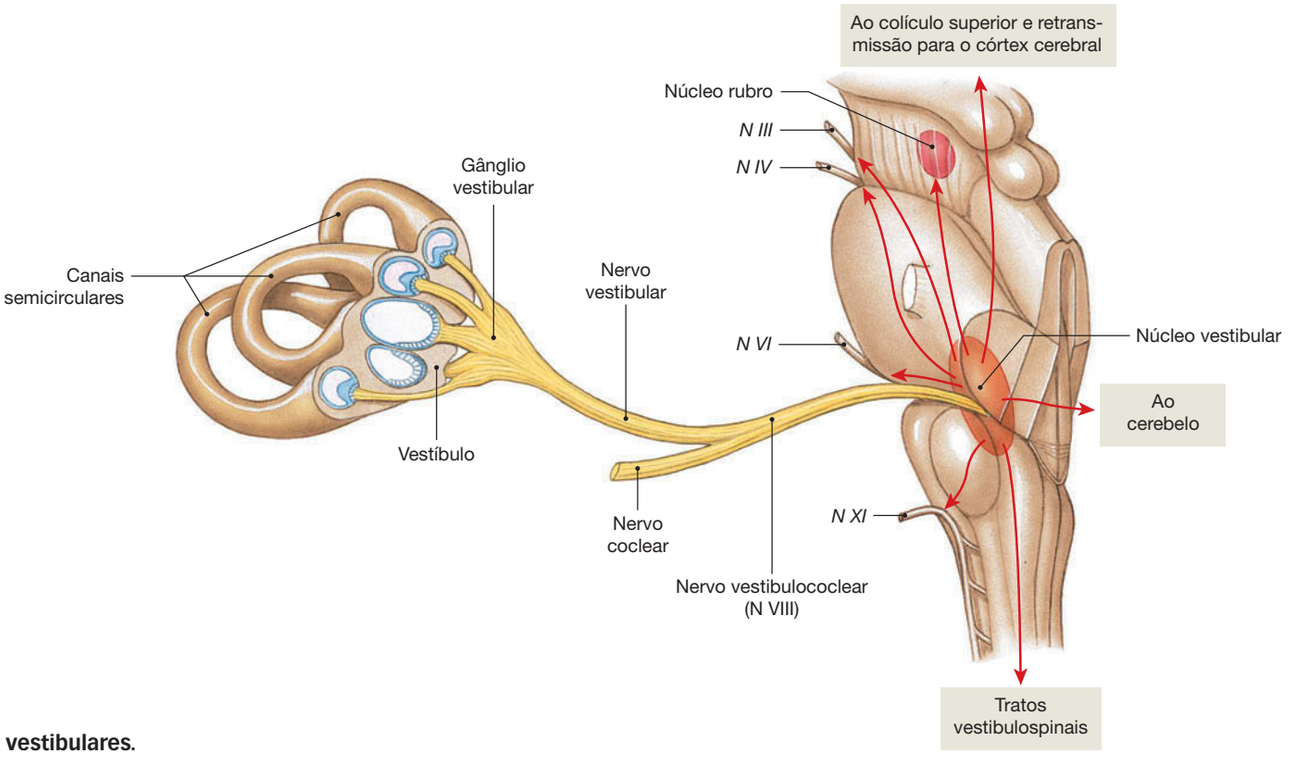


Figura 18.16 **Vias vestibulares.**

Nota clínica

Vertigem, cinetose e doença de Ménière O termo **vertigem** descreve uma sensação imprópria de movimento, geralmente uma sensação de rotação. Este significado o distingue de "tontura", uma sensação de leveza na cabeça e desorientação. A vertigem pode ser resultado de condições anormais na orelha interna, da estimulação da orelha interna ou de problemas em qualquer outro local ao longo da via vestibular, a qual leva as sensações de equilíbrio. Pode acompanhar infecções do SNC ou outras, e muitas pessoas experimentam vertigem quando têm febre alta.

Qualquer evento que faça a endolinfa se mover pode estimular os receptores do equilíbrio e produzir vertigem. Colocar gelo sobre o processo mastóide ou irrigar o meato acústico externo com água fria pode esfriar a endolinfa nas partes mais externas do labirinto e estabelecer uma circulação do líquido relacionada à temperatura. Uma vertigem moderada e temporária pode aparecer. O consumo de quantidades excessivas de álcool ou a exposição a certas drogas também podem produzir vertigem, pela alteração da endolinfa ou pela perturbação das células ciliadas da orelha interna.

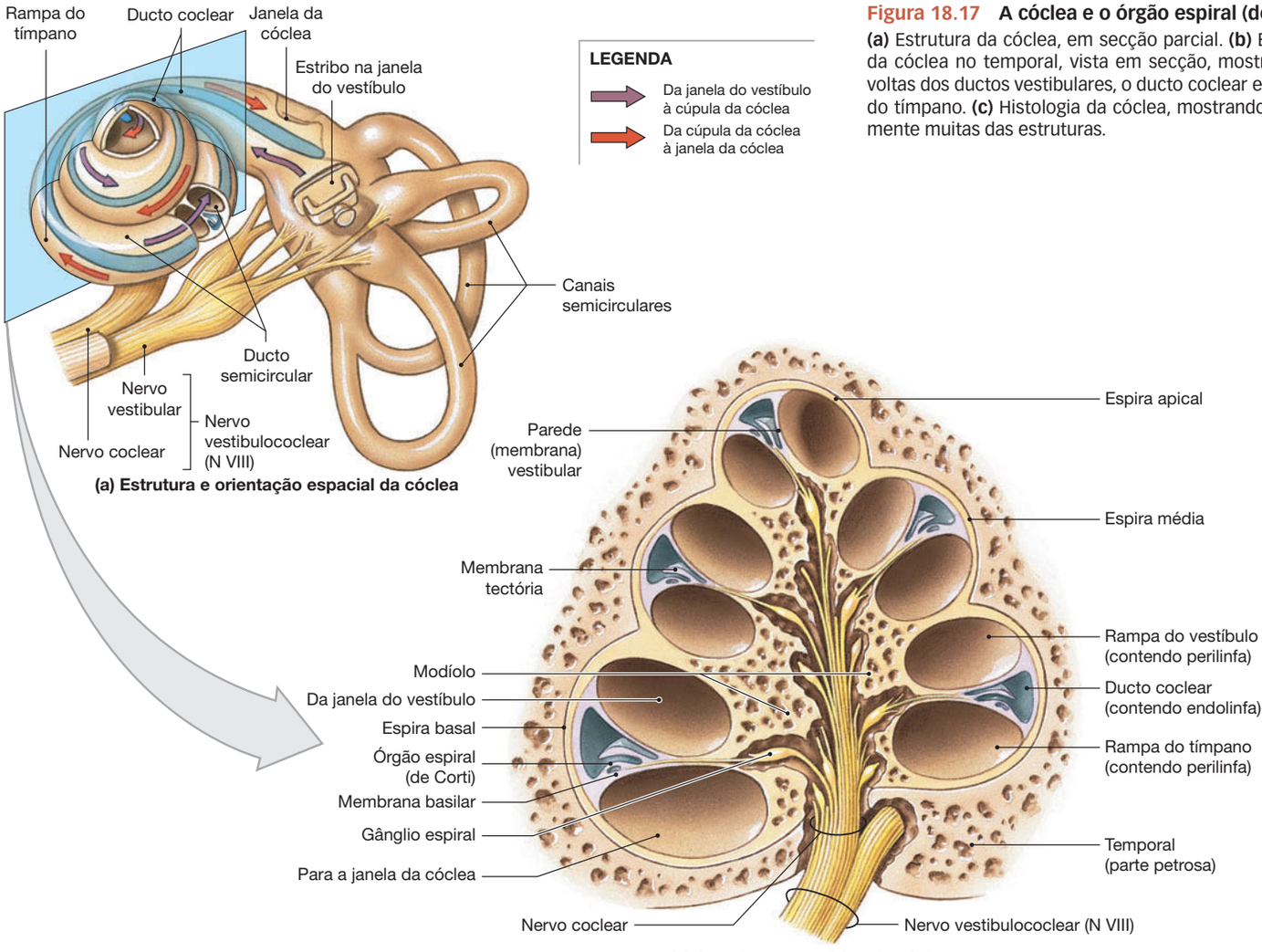
Outras causas de vertigem incluem infecção viral do nervo vestibular e lesão aos núcleos vestibulares ou seus tratos. A vertigem aguda também pode resultar de lesão causada pela produção anormal de endolinfa, como na doença de Ménière. Provavelmente, a causa mais comum de vertigem é a *cinetose**.

Os sinais e sintomas excessivamente desagradáveis da **cinetose** incluem cefaléia, sudorese, rubor facial, náuseas, vômitos e várias alterações no estado mental. (Doentes podem passar de um estado de leve excitação a um desespero quase suicida em questão de instantes.) É possível que a condição ocorra quando áreas centrais de processamento, como a lâmina do teto do mesencéfalo, recebem informações visuais e vestibulares conflitantes. Ainda não se sabe por que essas informações conflitantes resultam em náuseas, vômitos e outros sintomas. Sentar no convés de um barco em movimento ou ler em um carro costumam produzir as condições necessárias para a cinetose. Seus olhos avisam que sua posição no espaço não está mudando, mas seus ductos semicirculares avisam que seu corpo está cambaleando e guinando. Para agir contra este efeito, os marinheiros que enjoam costumam fitar o horizonte em vez do ambiente próximo a eles, de tal maneira que seus olhos fornecem confirmação visual dos movimentos detectados pelas orelhas internas. Não se sabe por que certos indivíduos são praticamente imunes à cinetose, enquanto outros acham quase impossível viajar de carro ou barco.

As drogas habitualmente utilizadas para evitar a cinetose são o dimenidrinato (*Dramamine*©), a escopolamina e a prometazina. Estes compostos parecem deprimir a atividade nos núcleos vestibulares. Sedativos, como a proclorperazina (*Compazine*©), também podem ser eficazes. A escopolamina pode ser administrada através da superfície da pele pelo uso de um adesivo (*patch*) (*Transderm Scop*©).

Na **doença de Ménière**, a deformação do labirinto membranáceo da orelha interna, pela alta pressão hidrostática, pode romper as paredes membranáceas e misturar a endolinfa com a perilinfa. Então, os receptores no vestíbulo e nos ductos semicirculares são fortemente estimulados. O indivíduo pode não ser capaz de iniciar um movimento voluntário (p. ex., caminhar) porque ele está experimentando sensações intensas de rotação e de balanço. Além da vertigem, a pessoa pode "ouvir" sons incomuns se os receptores cocleares forem ativados.

* N. de R.T. No original, *sick motion*, ou náusea causada por movimento.



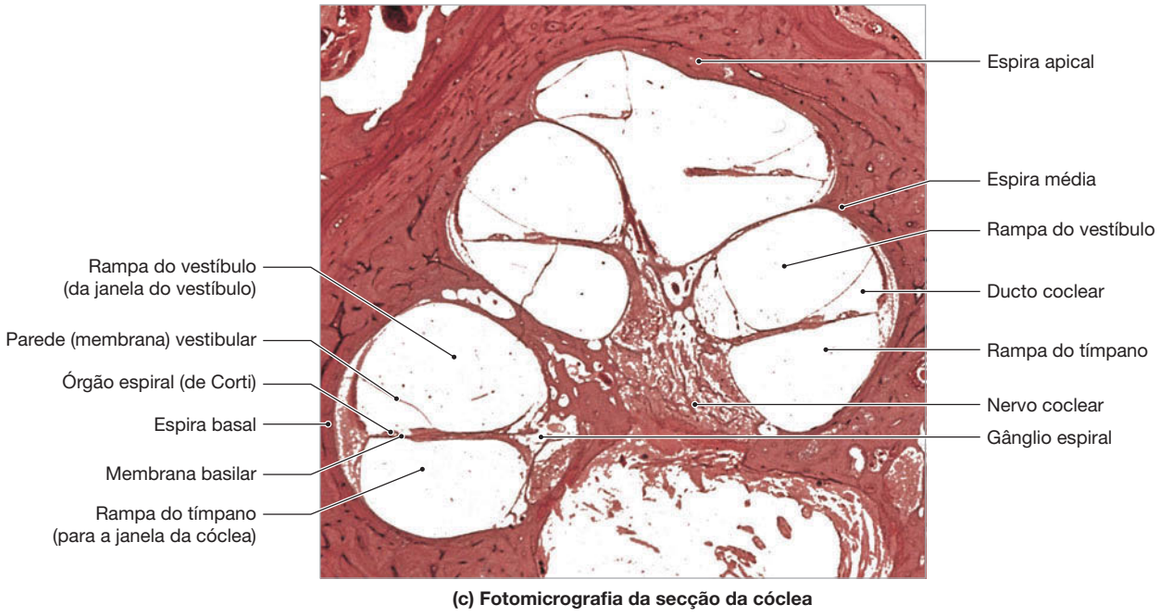
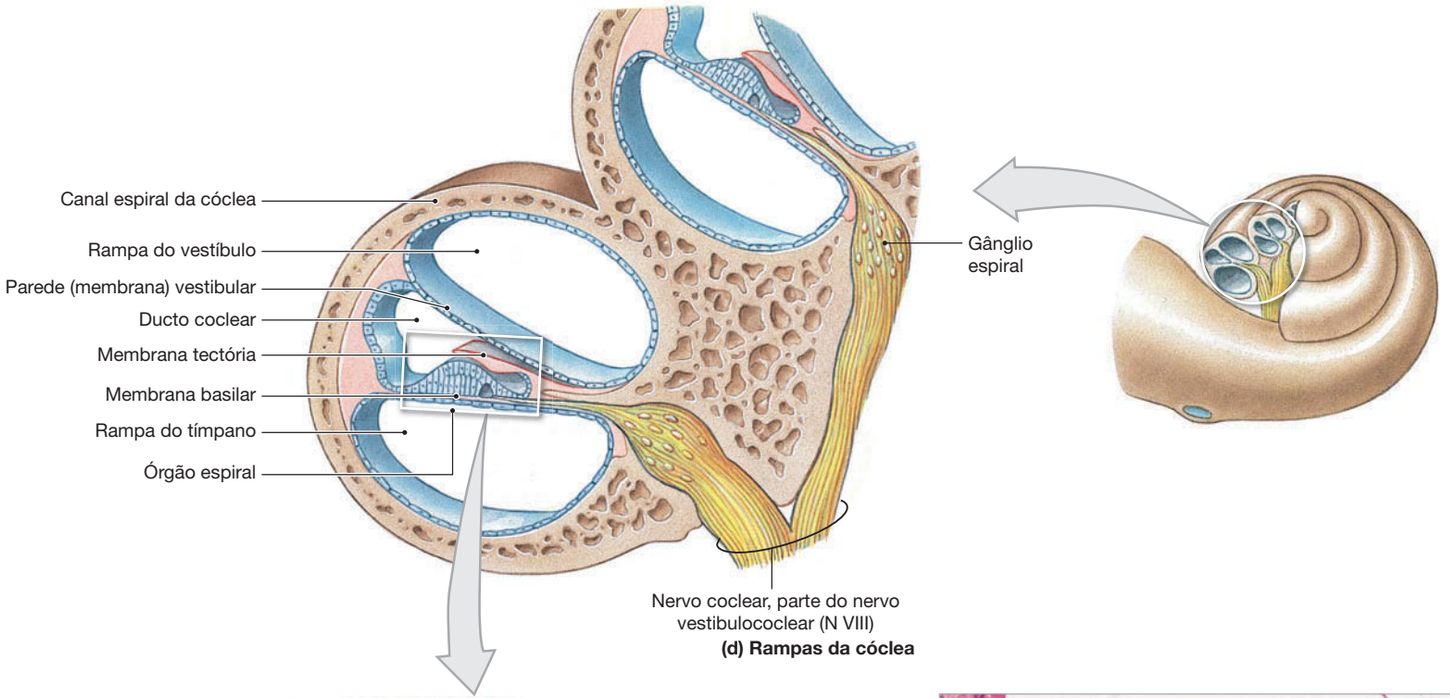
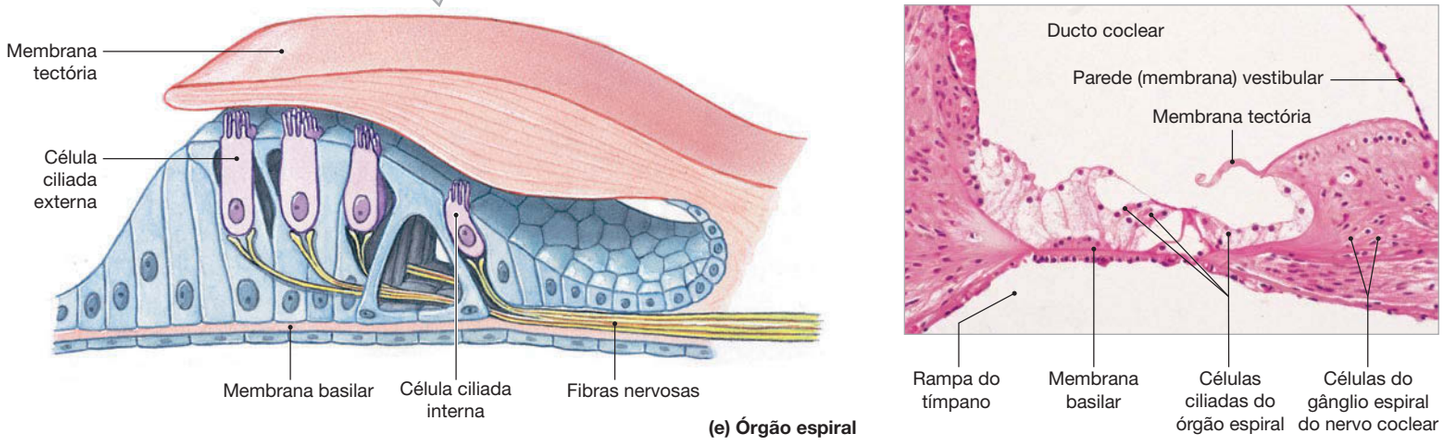


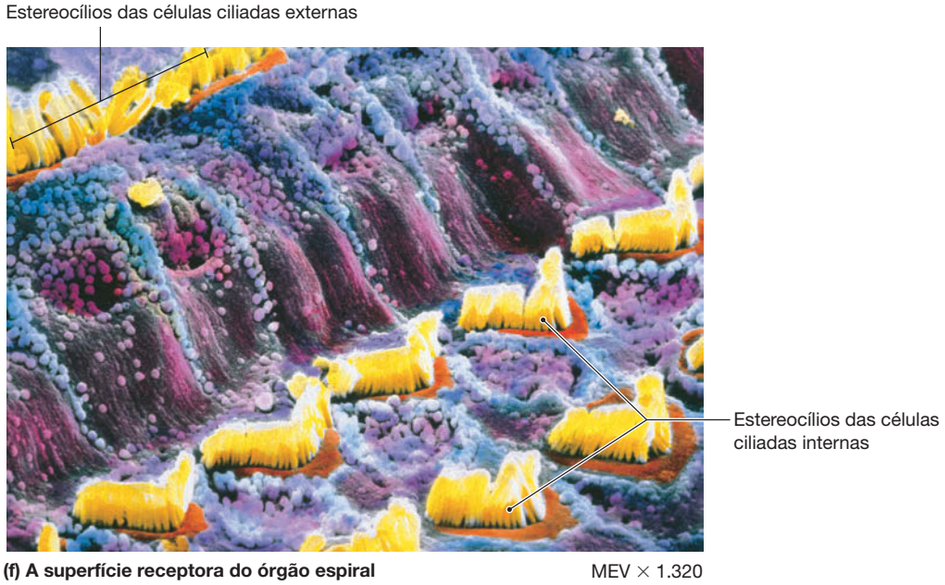
Figura 18.17 A cóclea e o órgão espiral (de Corti). **(a)** Estrutura da cóclea, em secção parcial. **(b)** Estrutura da cóclea no temporal, vista em secção, mostrando as voltas dos ductos vestibulares, o ducto coclear e a rampa do tímpano. **(c)** Histologia da cóclea, mostrando parcialmente muitas das estruturas.



(d) Rampas da cóclea



(e) Órgão espiral



(f) A superfície receptora do órgão espiral MEV × 1.320

Figura 18.17 (*continuação*).
(d) Secção tridimensional, mostrando os detalhes das rampas da cóclea, da membrana tectória e do órgão espiral (de Corti). **(e)** Secção esquemática histológica através do complexo de células ciliadas receptoras do órgão espiral. **(f)** Uma micrografia eletrônica de varredura, realçada em cor, mostrando uma parte da superfície receptora do órgão espiral.

cas, a **rampa do vestíbulo** e a **rampa do tímpano**. As duas rampas estão interconectadas no topo da espiral da cóclea. A janela do vestíbulo (oval) se encontra na base da rampa do vestíbulo, e a janela da cóclea (redonda), na base da rampa do tímpano.

O órgão espiral [Figura 18.17b-e] As células ciliadas do ducto coclear são encontradas no **órgão espiral**, ou **órgão de Corti** (Figura 18.17b-e). A estrutura sensitiva repousa na **membrana basilar**, que separa o ducto coclear da rampa do tímpano. As células ciliadas estão dispostas em fileira longitudinal externa e interna. Essas células ciliadas são desprovidas de cinetocílios, e seus estereocílios estão em contato com a **membrana tectória**, que as recobre. Essa membrana está firmemente fixada à parede interna do ducto coclear. Quando uma parte da membrana tectória sobe e desce, os estereocílios das células ciliadas são deformados.

Detecção do som [Tabela 18.2]

A audição é a detecção do som, que consiste em ondas de pressão conduzidas através do ar e de líquido. As ondas sonoras entram no meato acústico externo e movimentam-se até a membrana timpânica. A membrana timpânica fornece a superfície de captação do som e, em resposta às ondas sonoras, vibra com freqüências entre 20 e 20.000 Hz; esta é a extensão em uma criança jovem, mas, com a idade, a extensão diminui. Como mencionado previamente, os ossículos da audição transferem estas vibrações, de maneira modificada, para a janela do vestíbulo.

O movimento do estribo na janela do vestíbulo pressiona a perilinfa da rampa do vestíbulo. Uma propriedade dos líquidos é a sua incapacidade de sofrer compressão. Por exemplo, ao sentar-se sobre um colchão de água, você sabe que quando você pressiona para baixo *aqui*, o colchão sofre abaulamento *lá*. Pelo fato de o restante da cóclea ser formada por osso, a pressão aplicada na janela do vestíbulo somente pode ser aliviada na janela da cóclea. Quando a base do estribo se move para dentro da janela do vestíbulo, a membrana que preenche a janela sofre abaulamento para fora.

O movimento do estribo produz ondas de pressão na perilinfa. Essas ondas deformam o ducto coclear e o órgão espiral, estimulando as células ciliadas. A localização da estimulação máxima varia, dependendo da freqüência (pico) do som. Sons de alta freqüência afetam a membrana basilar próximo à janela do vestíbulo; quanto mais baixa a freqüência do som, mais longe da janela do vestíbulo estará a deformação.

A real quantidade de movimento em um dado local depende da intensidade da força aplicada na janela do vestíbulo. Esta relação fornece um mecanismo de detecção da intensidade (volume) do som. Sons de freqüência muito elevada podem causar perda auditiva pela separação dos estereocílios da superfície das células ciliadas. A contração reflexa do músculo tensor do tímpano e do músculo estapédio, em resposta a um ruído perigosamente alto, ocorre em menos de 0,1 segundo, mas isso pode não ser rápido o suficiente para evitar lesão e perda auditiva a ela relacionada. A Tabela 18.2 resume os estádios envolvidos na transformação de uma onda sonora em sensação auditiva.

TABELA 18.2 Estádios na produção de sensações auditivas

1. As ondas sonoras alcançam a membrana timpânica.
2. O movimento da membrana timpânica provoca o deslocamento dos ossículos da audição.
3. O movimento do estribo na janela do vestíbulo faz surgir ondas de pressão na perilinfa da rampa do tímpano.
4. As ondas de pressão distorcem a membrana basilar, enquanto se dirigem para a janela da cóclea da rampa do tímpano.
5. A vibração da membrana basilar causa a vibração das células ciliadas contra a membrana tectória, resultando na estimulação destas células e na liberação de neurotransmissores.
6. A informação relativa à área e à intensidade dos estímulos é retransmitida ao SNC pelo nervo coclear (parte do VIII).

Vias auditivas [Figura 18.18]

A estimulação das células ciliadas ativa neurônios sensitivos, cujos corpos celulares se localizam no gânglio espiral adjacente. Suas fibras sensitivas aferentes formam o **nervo coclear**, parte do nervo vestibulococlear (N VIII). Estes axônios penetram no bulbo e fazem sinapse no **núcleo coclear** no mesmo lado do encéfalo. Os axônios dos neurônios de segunda ordem cruzam para o lado oposto do encéfalo e ascendem ao colículo inferior do mesencéfalo (Figura 18.18). Este centro de processamento coordena várias respostas aos estímulos acústicos, incluindo reflexos auditivos que envolvem músculos esqueléticos da cabeça, da face e do tronco. Esses reflexos alteram automaticamente a posição da cabeça em resposta a um ruído forte e súbito.

Antes de alcançar o córtex cerebral e o nosso conhecimento consciente, as sensações auditivas ascendentes fazem sinapse no metatálamo. Então, fibras de projeção enviam a informação ao córtex auditivo do lobo temporal. Com efeito, o córtex auditivo contém um mapa do órgão espiral*. Sons de alta freqüência ativam uma parte do córtex, e sons de baixa freqüência afetam outra. Se o córtex auditivo for lesado, o indivíduo irá responder aos sons e terá reflexos acústicos normais, mas a interpretação do som e o padrão de reconhecimento serão prejudicados ou impossibilitados. A lesão à área de associação adjacente não afeta a capacidade de detectar os sons e seus padrões, mas causa incapacidade de compreender seu significado.

Nota clínica

Perda auditiva A **surdez de condução** resulta de patologias na orelha média que bloqueiam a transferência normal da vibração, da membrana timpânica à janela do vestíbulo. Um meato acústico externo obstruído por acúmulo de cerume ou água aprisionada pode causar uma perda auditiva temporária. Cicatrização ou perfuração da membrana timpânica, líquido na cavidade timpânica e imobilização de um ou mais ossículos da audição são outros exemplos de surdez de condução.

Na **surdez neurossensorial**, o problema se encontra no interior da cóclea ou em algum outro local ao longo da via auditiva. As vibrações conseguem alcançar a janela do vestíbulo, mas os receptores não podem responder ou suas respostas não conseguem atingir suas terminações centrais. Além disso, certas drogas que entram na endolinfa podem destruir os receptores, e infecções podem lesar as células ciliadas ou afetar o nervo coclear. As células ciliadas também podem ser lesadas pela exposição a altas doses de antibióticos aminoglicosídeos, como a neomicina ou a gentamicina; este efeito colateral potencial deve ser ponderado ante a gravidade da infecção antes da prescrição dessas drogas.

REVISÃO DOS CONCEITOS

1. Se a membrana que preenche a janela da cóclea não for capaz de se abaular para fora com o aumento da pressão na endolinfa, como a percepção do som seria afetada?
2. De que forma a perda dos estereocílios das células ciliadas do órgão espiral afetaria a audição?
3. Faça a distinção entre ducto coclear e rampa do tímpano.
4. Que estrutura estimula as células ciliadas no órgão espiral?

Veja a seção de Respostas na parte final do livro.

* N. de R.T. Esta correlação entre o local na cóclea onde o órgão espiral é estimulado e a área no córtex auditivo é chamada de *tonotopia*.

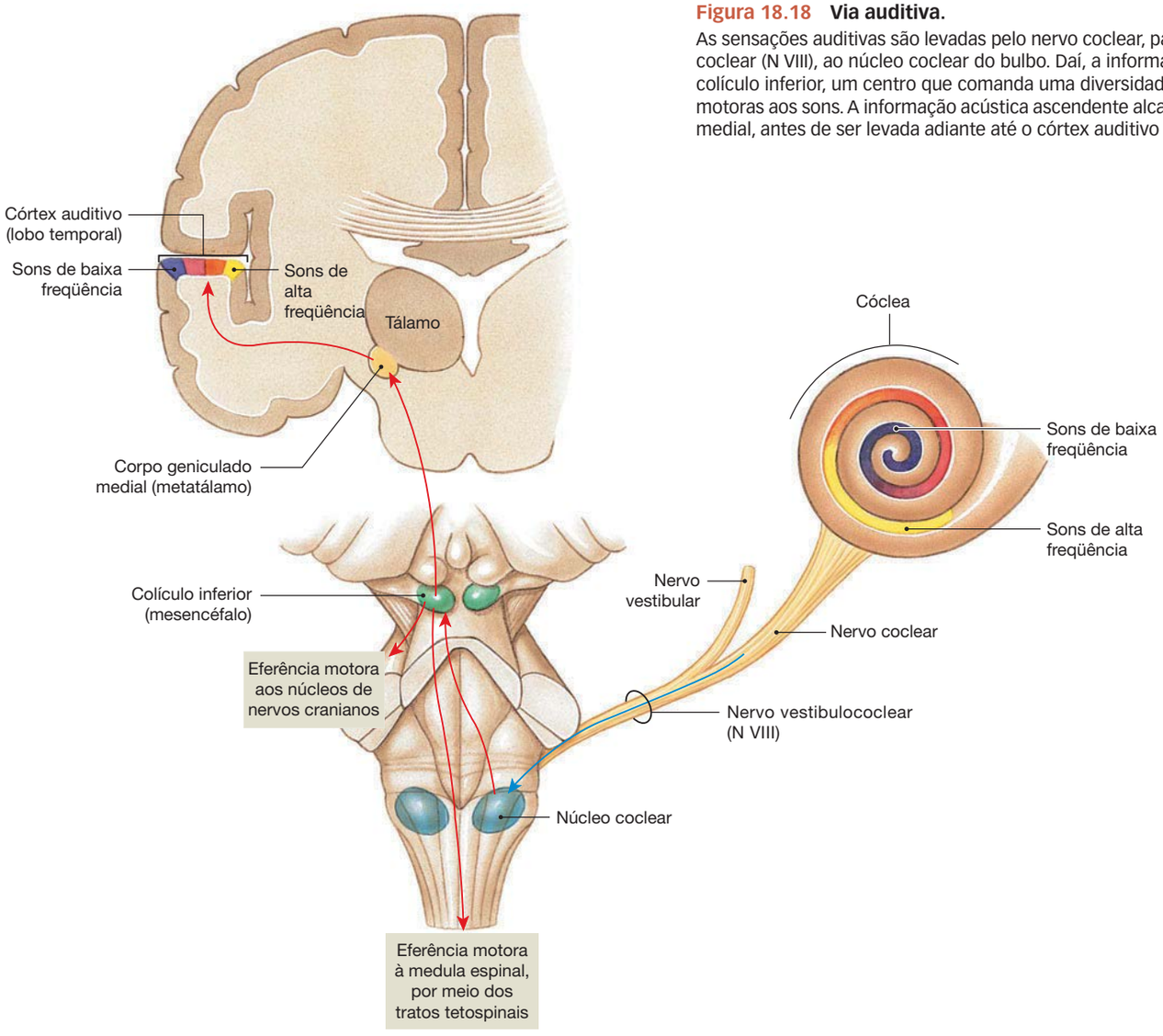


Figura 18.18 Via auditiva.
As sensações auditivas são levadas pelo nervo coclear, parte do nervo vestibulococlear (N VIII), ao núcleo coclear do bulbo. Daí, a informação é retransmitida ao colículo inferior, um centro que comanda uma diversidade de respostas reflexas motoras aos sons. A informação acústica ascendente alcança o corpo geniculado medial, antes de ser levada adiante até o córtex auditivo do lobo temporal.

A visão [Figura 18.19]

Os seres humanos dependem muito mais da visão do que de qualquer outro sentido especial, e o córtex visual é muitas vezes maior do que as áreas corticais consignadas aos outros sentidos especiais. Nossos receptores da visão estão contidos em estruturas elaboradas, os olhos, que nos permitem não apenas detectar a luz, mas criar imagens visuais detalhadas. Iniciaremos nosso estudo pelas *estruturas oculares acessórias*, que fornecem proteção, lubrificação e sustentação. A anatomia superficial do olho e as principais estruturas oculares acessórias estão ilustradas na Figura 18.19.

Estruturas oculares acessórias

As **estruturas oculares acessórias** incluem as pálpebras, a túnica conjuntiva e as estruturas associadas com a produção, secreção e remoção das lágrimas (aparelho lacrimal).

Pálpebras [Figuras 18.19/18.20/18.21b,e]

As **pálpebras** são uma continuação da pele. As pálpebras atuam como um limpador de pára-brisas de automóvel; seu movimento contínuo de piscar mantém a superfície lubrificada e livre de poeira e detritos. Elas também podem fechar-se firmemente para proteger a delicada superfície do olho. As margens livres das pálpebras superior e inferior estão separadas pela **rima das pálpebras**, mas as duas estão conectadas entre si no **ângulo lateral do olho** e no **ângulo medial do olho** (Figura 18.19). Os **cílios** ao longo das margens das pálpebras são pêlos muito robustos. Cada cílio é controlado por um plexo do folículo piloso, e o deslocamento do cílio provoca um reflexo de piscar. Esta resposta ajuda a evitar que corpos estranhos ou insetos cheguem à superfície do olho.

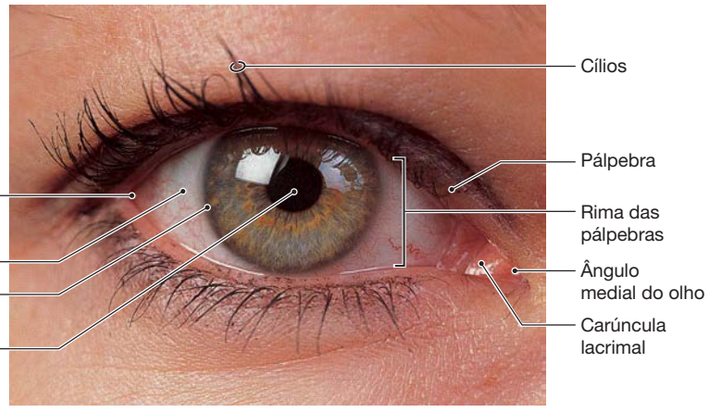
Os cílios estão associados a grandes glândulas sebáceas, as *glândulas de Zeis*. As **glândulas tarsais**, ou *glândulas de Meibomius*, localizadas ao longo da margem interna da pálpebra, secretam um material rico em lipídeos que evita que as pálpebras colem umas nas outras. No ângulo medial do olho, glândulas no interior da **carúncula lacrimal** (Figura 18.19a) produzem as secreções espessas que produzem os depósitos granulosos às vezes encontrados após uma boa noite de sono. Esta variedade de glândulas está sujeita, ocasionalmente, à invasão e infecção por bactérias. Em geral, um cisto, ou *calázio* (*chalazion*, pequena protuberância), resulta da infecção de uma glândula tarsal. A infecção em uma glândula sebácea de um cílio, em uma glândula tarsal ou em qualquer uma das inúmeras glândulas sebáceas que se abrem para a superfície,

entre os folículos dos cílios, produz um inchaço localizado e doloroso conhecido como *terçol**.

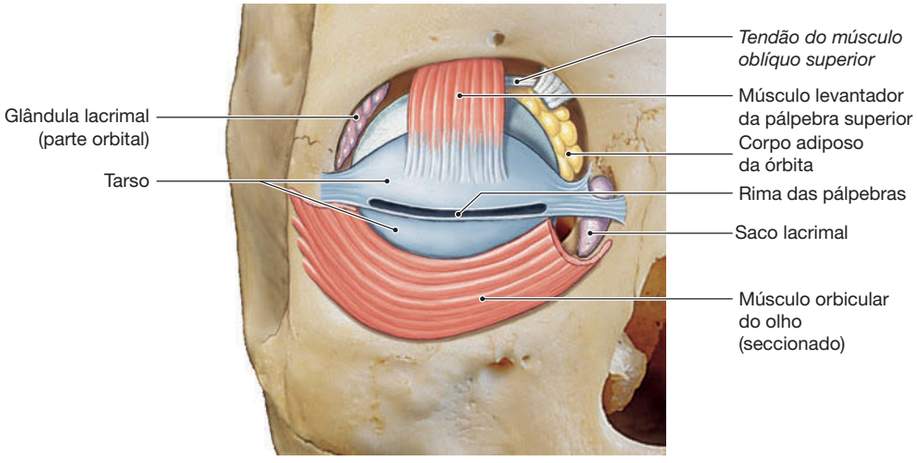
A superfície visível da pálpebra é revestida por uma fina camada de epitélio pavimentoso estratificado. Profundamente à tela subcutânea, as pálpebras são sustentadas e tensionadas por espessas lâminas de tecido conectivo que, em conjunto, são chamadas de **tarso** (Figura 18.19b). As fibras musculares do *músculo orbicular do olho* e do *músculo levantador da pálpebra superior* (Figuras 18.19b e 18.20) se localizam entre o tarso e a pele. Estes músculos esqueléticos são responsáveis pela oclusão das pálpebras (m. orbicular do olho) e pela elevação da pálpebra superior (m. levantador da pálpebra superior). pág. 266

O epitélio que reveste a superfície interna da pálpebra e a superfície externa do bulbo do olho (esclera) é chamado de **túnica conjuntiva** (*conjuntiva*, que une). Ele é uma membrana mucosa revestida por um epitélio pavimentoso estratificado especializado. A **túnica conjuntiva da pálpebra** reveste a superfície interna da pálpebra, e a **túnica conjuntiva do bulbo**, a superfície anterior do olho. Um suprimento contínuo de líquido flui sobre a superfície do bulbo do olho, mantendo a túnica conjuntiva úmida e limpa. Células mucosas no epitélio ajudam as várias glândulas acessórias a fornecer uma superfície lubrificada que evita a fricção e a dessecação das superfícies conjuntivais opostas.

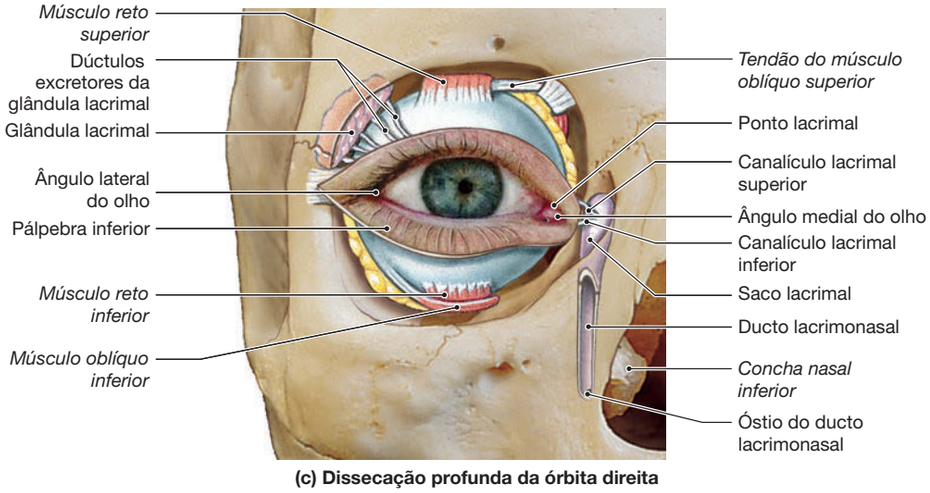
Sobre a **córnea** transparente do olho, o epitélio estratificado relativamente espesso se transforma em um epitélio pavimentoso delicado e fino, constituído por 5 a 7 camadas de células. Próximo às margens das pálpebras, a túnica conjuntiva da pálpebra desenvolve um epitélio pavimentoso estratificado mais robusto, característico das superfícies expostas do corpo. Embora não existam receptores sensitivos especializados para a superfície do olho, há abundantes terminações nervosas livres com uma ampla gama de sensibilidades.



(a) Olho direito, estruturas acessórias



(b) Dissecação superficial da órbita direita



(c) Dissecação profunda da órbita direita

Figura 18.19 Estruturas acessórias do olho, parte I.
(a) Anatomia superficial do olho direito e suas estruturas acessórias. **(b)** Representação esquemática de uma dissecação superficial da órbita direita. **(c)** Representação esquemática de uma dissecação profunda do olho direito, mostrando sua posição no interior da órbita e suas relações com as estruturas acessórias, especialmente o aparelho lacrimal.

O aparelho lacrimal [Figuras 18.19b,c/18.20]

Um fluxo constante de lágrimas mantém as superfícies conjuntivais úmidas e limpas. As lágrimas reduzem a fricção, removem detritos, previnem a infecção bacteriana e fornecem nutrientes e oxigênio às partes do epitélio conjuntival. O **aparelho lacrimal** produz, distribui e remove as lágrimas. O aparelho lacrimal de cada olho consiste em (1) uma *glândula lacrimal*, (2) *canalículo lacrimal superior e inferior*, (3) um *saco lacrimal* e (4) um *ducto lacrimonasal* (Figuras 18.19b,c e 18.20).

O recesso criado onde a túnica conjuntiva da pálpebra se conecta com aquela do olho é conhecido como **fórnice**. A parte lateral do fórnice superior da conjuntiva recebe 10 a 12 dúctulos excretores da **glândula lacrimal**. A glândula lacrimal tem a forma e o tamanho aproximados de uma amêndoa, medindo cerca de 12 a 20 mm de comprimento. Ela está alojada em uma depressão do frontal, no interior da órbita, superior e lateral ao bulbo do olho (Figura 18.20). pág. 151

A glândula lacrimal normalmente fornece os ingredientes essenciais e a maior parte do volume das lágrimas que banham a superfície conjuntival. Suas secreções são líquidas, levemente alcalinas e contêm a enzima **lisozima**, que degrada microrganismos.

* N. de R.T. O nome científico é *hordéolo*.

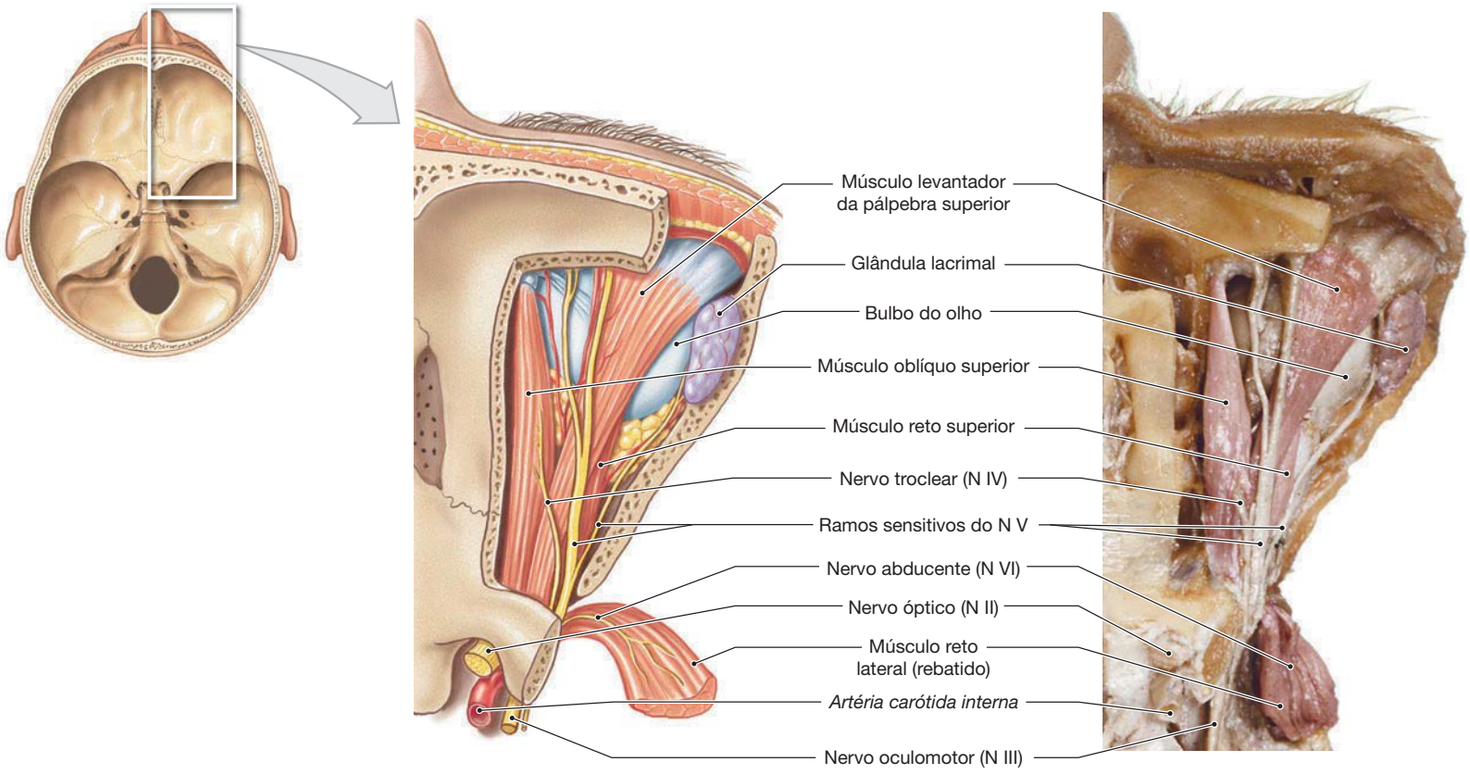


Figura 18.20 Estruturas acessórias do olho, parte II.
Uma vista superior das estruturas no interior da órbita direita.

A glândula lacrimal produz lágrimas em uma taxa de aproximadamente 1 mL/dia. Uma vez que as secreções lacrimais alcançam a superfície ocular, elas se misturam com as secreções das glândulas acessórias e com as secreções graxas das glândulas tarsais e das glândulas sebáceas. A contribuição das últimas produz uma "película oleosa" superficial que auxilia na lubrificação e retarda a evaporação.

O movimento de piscar os olhos espalha as lágrimas, cruzando a superfície ocular, e faz com que elas se acumulem no ângulo medial do olho, em uma área conhecida como *lago lacrimal*. Dois pequenos poros, os **pontos lacrimal superior** e **inferior** (*punctum*, ponto), drenam o lago lacrimal e o esvaziam nos **canalículos lacrimais** que se alojam ao longo de sulcos no osso lacrimal. Estas vias levam ao **saco lacrimal**, que preenche o sulco lacrimal do osso lacrimal. Daí, o **ducto lacrimonasal** se estende ao longo do canal lacrimonasal, formado pelo osso lacrimal e pela maxila, para enviar as lágrimas ao meato nasal inferior do mesmo lado, na cavidade nasal. ∞ pág. 151

O bloqueio dos pontos lacrimais ou a hipersecreção das glândulas lacrimais podem produzir "olhos lacrimejantes" *, que estão constantemente extravasando. Uma produção inadequada de lágrimas, uma condição mais comum, produz "olhos secos" **. "Lágrimas artificiais" lubrificantes, na forma de colírio, são a terapia mais habitual, porém casos mais sérios podem ser tratados pela oclusão cirúrgica dos pontos lacrimais.

O bulbo do olho [Figuras 18.20/18.21a,e,f]

Os bulbos dos olhos são esferóides, irregulares, com um diâmetro médio de 24 mm, um pouco menores do que uma bola de pingue-pongue. Cada bulbo do olho pesa cerca de 8 g. O bulbo do olho compartilha a cavidade orbital com os músculo extrínsecos, a glândula lacrimal e os nervos cranianos e vasos sangüíneos que suprem o olho e as partes adjacentes da órbita e da face (Figuras 18.20 e 18.21e,f). O **corpo adiposo da órbita** fornece apoio e isolamento.

A parede do bulbo do olho contém três túnicas distintas (Figura 18.21a): uma *túnica fibrosa*, externa, uma *túnica vascular*, média, e uma *túnica interna*. O bulbo do olho é oco, e o seu interior está dividido em duas *cavidades*. A maior, posterior, ou **câmara postrema**, é também chamada de *corpo vítreo*, porque contém o *humor vítreo*, gelatinoso. A menor, **anterior**, é subdividida em *câmara anterior* e *posterior*. A forma do olho, em parte, é estabilizada pelo corpo vítreo e pelo *humor aquoso*, claro, que preenche a câmara anterior.

A túnica fibrosa [Figuras 18.20/18.21a,b,d,e]

A **túnica fibrosa**, a camada mais externa do bulbo do olho, consiste na *esclera* e na *córnea* (Figura 18.21a,b,d,e). A túnica fibrosa (1) fornece sustentação mecânica e algum grau de proteção física, (2) serve como um local de fixação para os músculos extrínsecos do bulbo do olho e (3) contém estruturas que auxiliam no processo de focalização.

A maior parte da superfície ocular é coberta pela **esclera**. A esclera, ou o "branco do olho", consiste em um tecido conectivo fibroso denso, contendo fibras colágenas e elásticas. Esta camada é mais espessa na parte posterior do olho, próximo à emergência do nervo óptico, e mais delgada sobre a superfície anterior. Os seis músculos extrínsecos se inserem na esclera, e as fibras colágenas de seus tendões se entrelaçam com as fibras colágenas da camada externa (Figura 18.20).

A superfície anterior da esclera contém pequenos vasos sangüíneos e nervos que penetram na esclera e alcançam as estruturas internas. A rede de arteríolas, que se localiza profundamente à túnica conjuntiva do bulbo, em geral não leva sangue suficiente para colorir a esclera de maneira óbvia, mas ela é visível, à inspeção próxima, como linhas avermelhadas contra o fundo branco das fibras colágenas. A córnea do olho, transparente,

* N. de R.T. O nome científico é *dacriorréia*.
** N. de R.T. O nome científico é *xeroftalmia*.

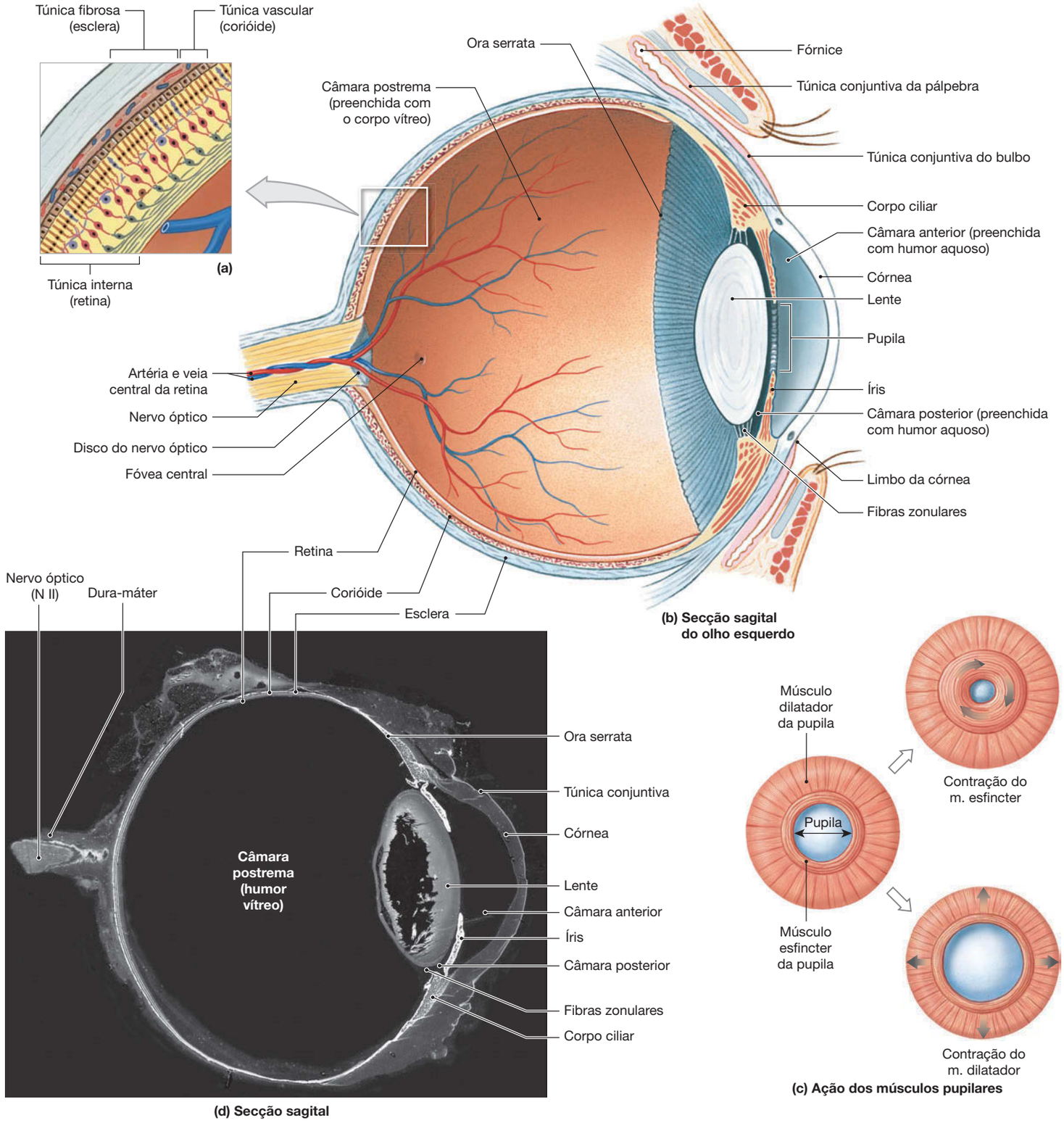
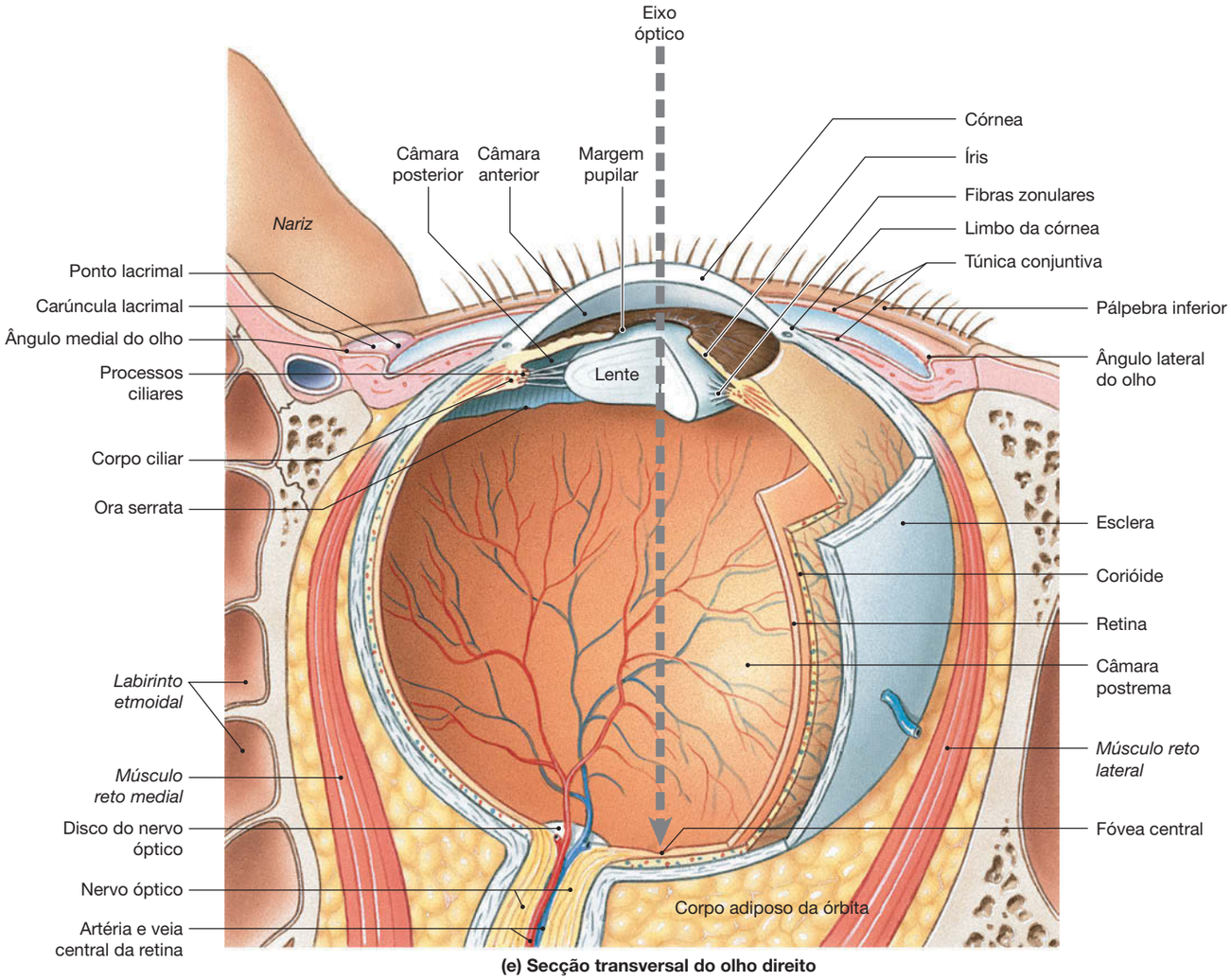
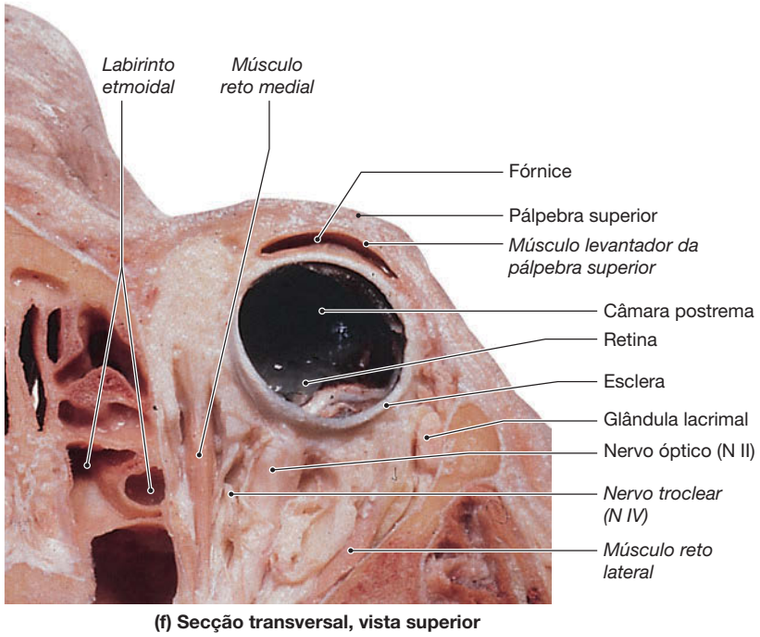


Figura 18.21 **Anatomia seccional do olho.**

(a) As três túnicas do olho. **(b)** Os principais pontos de referência e características, em visão esquemática, do olho esquerdo. **(c)** A ação dos músculos pupilares e alterações do diâmetro pupilar. **(d)** Secção sagital através do olho. **(e)** Secção transversal através do olho direito. **(f)** Secção transversal através da parte superior do olho e órbita direitos.



(e) Secção transversal do olho direito



(f) Secção transversal, vista superior

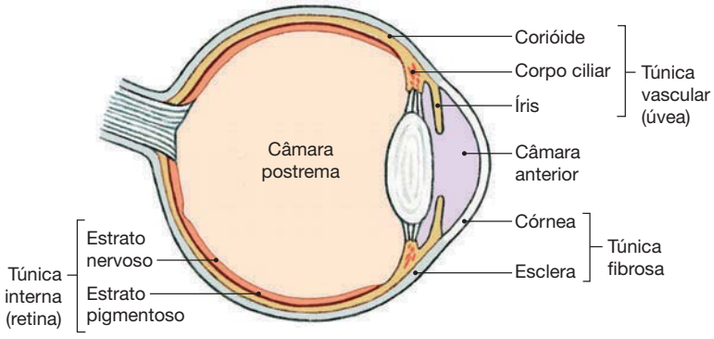
Figura 18.21 (*continuação*).

faz parte da túnica fibrosa e é contínua com a esclera. A superfície da córnea é revestida por um delicado epitélio pavimentoso estratificado, contínuo com a túnica conjuntiva do bulbo. Profundamente ao epitélio, a córnea consiste primariamente em uma densa matriz contendo múltiplas camadas de fibras colágenas. A transparência da córnea resulta do alinhamento preciso das fibras colágenas no interior destas camadas. Um epitélio pavimentoso simples separa a camada mais interna da córnea da câmara anterior do olho.

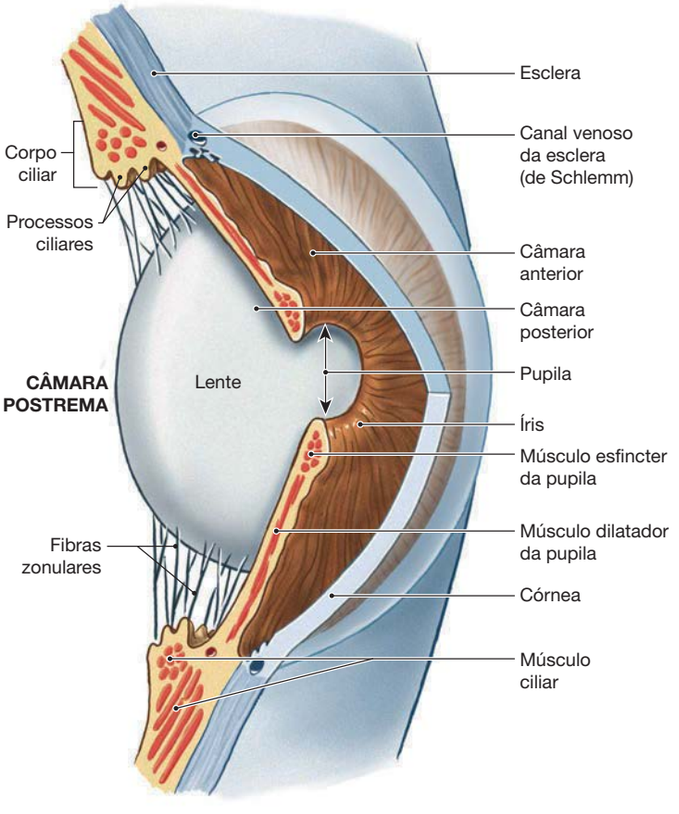
A córnea é estruturalmente contínua com a esclera; o **limbo da córnea** é o limite entre ambas. A córnea é avascular, e não há vasos sangüíneos entre a córnea e a túnica conjuntiva sobrejacente. Como resultado, as células epiteliais superficiais devem obter oxigênio e nutrientes a partir das lágrimas que fluem cruzando suas superfícies livres, enquanto a camada epitelial mais profunda recebe seus nutrientes a partir do humor aquoso, no interior da câmara anterior. Há numerosas terminações nervosas livres na córnea, que é a parte mais sensível do olho. Esta sensibilidade é importante porque a lesão da córnea causará cegueira mesmo que o restante do olho – incluindo os fotorreceptores – esteja perfeito.

A túnica vascular [Figuras 18.21a,b,d,e/18.22]

A **túnica vascular** contém numerosos vasos sangüíneos e linfáticos e os músculos intrínsecos do olho. As funções desta camada incluem (1) for-



(a) Secção transversal do olho direito



(b) Câmaras do bulbo do olho

Figura 18.22 A lente e as câmaras do bulbo do olho.
(a) A lente está suspensa entre a câmara postrema e a câmara posterior. **(b)** Sua posição é mantida pelas fibras zonulares, que fixam a lente ao corpo ciliar.

necer uma via para os vasos sangüíneos e linfáticos que suprem os tecidos oculares, (2) regular a quantidade de luz que entra no olho, (3) secretar e reabsorver o *humor aquoso* que circula no interior do olho e (4) controlar a forma da lente, uma parte essencial do processo de focagem. A túnica vascular inclui a íris, o corpo ciliar e a corióide (Figuras 18.21a,b,d,e e 18.22).

A íris [Figuras 18.21/18.22] A **íris** pode ser vista através da superfície transparente da córnea. A íris contém vasos sangüíneos, células pigmentadas e duas camadas de células musculares lisas que são parte dos músculos intrínsecos do olho. A contração desses músculos altera o diâmetro do orifício central da íris, a **pupila**. Um grupo de fibras musculares lisas forma uma série de círculos concêntricos ao redor da pupila (Figura 18.21c). O diâmetro da pupila diminui quando este **músculo esfíncter da pupila** contrai. Um segundo grupo de fibras musculares lisas se estende radialmente a partir da margem da pupila. A contração deste **músculo dilatador da pupila** aumenta o diâmetro da pupila. Esses grupos musculares antagonistas são controlados pelo sistema nervoso autônomo; a ação parassimpática causa constrição pupilar, e a ativação simpática causa dilatação pupilar. pág. 266

O corpo da íris consiste em tecido conectivo, e sua superfície posterior é recoberta por um epitélio contendo células pigmentadas. Essas células também podem estar presentes no tecido conectivo da íris e no epitélio que recobre sua superfície anterior. A cor do olho é determinada pela quantidade e distribuição das células pigmentadas. Quando não há células pigmentadas no corpo da íris, a luz a atravessa e reflete na superfície interna do epitélio pigmentado. O olho, então, parece azul. Indivíduos com olhos cinzentos, castanhos e pretos têm mais células pigmentadas, respectivamente, no corpo e na superfície da íris.

O corpo ciliar [Figuras 18.21b,d,e/18.22b] Na periferia, a íris se fixa à parte anterior do corpo ciliar. O **corpo ciliar** se inicia na junção entre a córnea e a esclera e se estende posteriormente até a **ora serrata** ("orla serreada") (Figuras 18.21b,d, e 18.22b). O núcleo do corpo ciliar consiste no **músculo ciliar**, um anel muscular que se projeta no interior do olho. O epitélio é formado por numerosas pregas chamadas de **processos ciliares**. As **fibras zonulares** da lente se fixam aos ápices desses processos. Estas fibras de tecido conectivo mantêm a lente atrás da íris e centralizada na pupila. Como resultado, qualquer raio de luz que atravesse a pupila e se dirija aos fotorreceptores terá que passar através da lente.

A corióide [Figura 18.21] O oxigênio e os nutrientes são enviados à parte externa da retina por uma extensa rede capilar contida no interior da **corióide**. Ela também contém melanócitos disseminados, que são especialmente densos na parte mais externa da corióide, adjacente à esclera (Figura 18.21a,b,d,e). A parte mais interna da corióide se fixa à camada externa da retina.

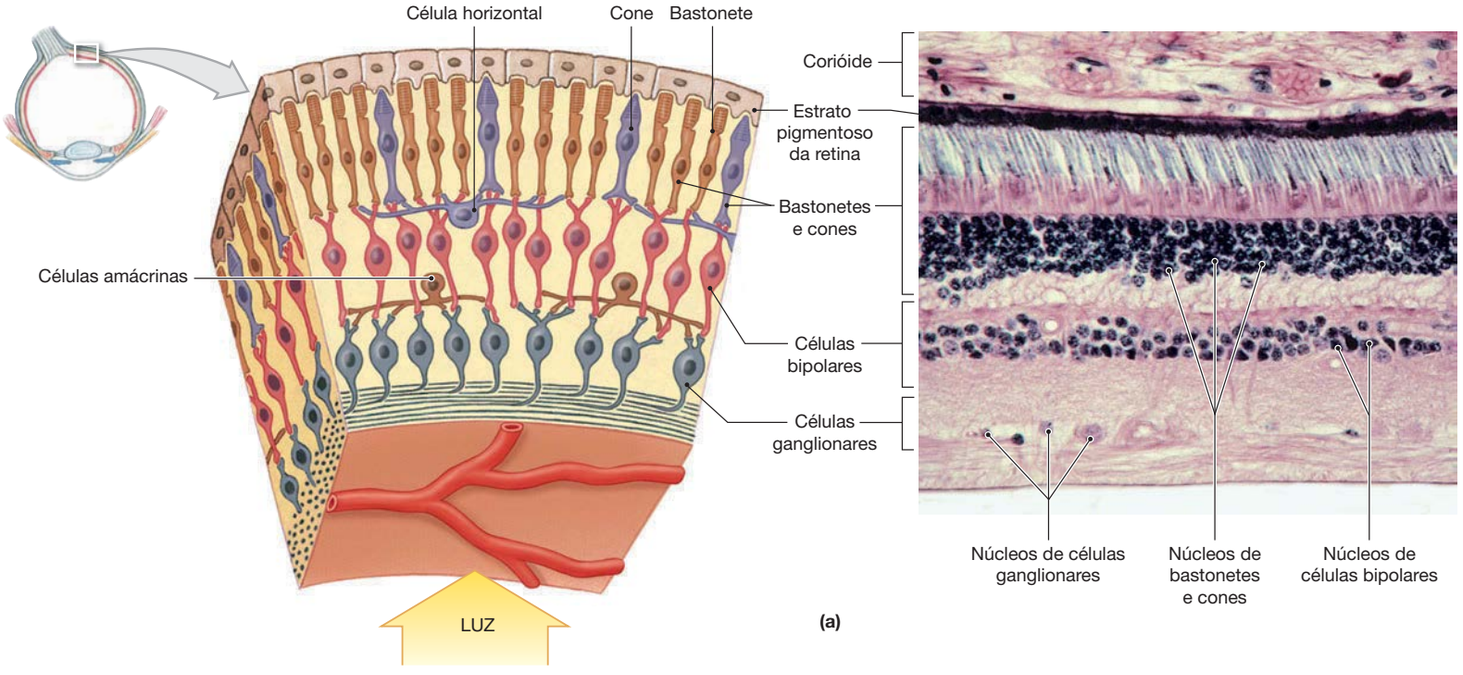
A túnica interna [Figuras 18.21/18.23]

A **túnica interna** consiste em duas camadas distintas, um **estrato pigmentoso** externo e um **estrato nervoso** interno, formando a **retina**, que contém os receptores visuais e os neurônios associados (Figuras 18.21 e 18.23). O estrato pigmentoso absorve a luz, após esta ter atravessado a retina, e tem importantes interações bioquímicas com os fotorreceptores da retina. A retina contém (1) os fotorreceptores que respondem à luz, (2)

Nota clínica

Conjuntivite A conjuntivite, ou "olho vermelho", resulta de lesão ou irritação da superfície conjuntival. O sintoma mais evidente é resultado da dilatação dos vasos sangüíneos localizados profundamente ao epitélio da túnica conjuntiva. O termo *conjuntivite* é mais usado como descrição de um sintoma do que como nome de uma patologia específica. Uma grande diversidade de patógenos, incluindo bactérias, vírus e fungos, pode causá-la, e uma forma temporária dessa patologia pode ser produzida por irritação alérgica, química ou física (incluindo até atos cotidianos como chorar prolongadamente ou descascar uma cebola).

A *conjuntivite crônica*, ou *tracoma*, resulta de invasão bacteriana ou viral na túnica conjuntiva. Muitas destas infecções são altamente contagiosas, e casos graves podem ulcerar a superfície da córnea e afetar a visão. A bactéria mais freqüentemente envolvida é *Chlamydia trachomatis*. O tracoma é uma doença relativamente comum no sudoeste da América do Norte, na África do Norte e no Oriente Médio, devendo ser tratada com antibióticos sistêmicos e tópicos, a fim de evitar lesão da córnea e perda da visão.



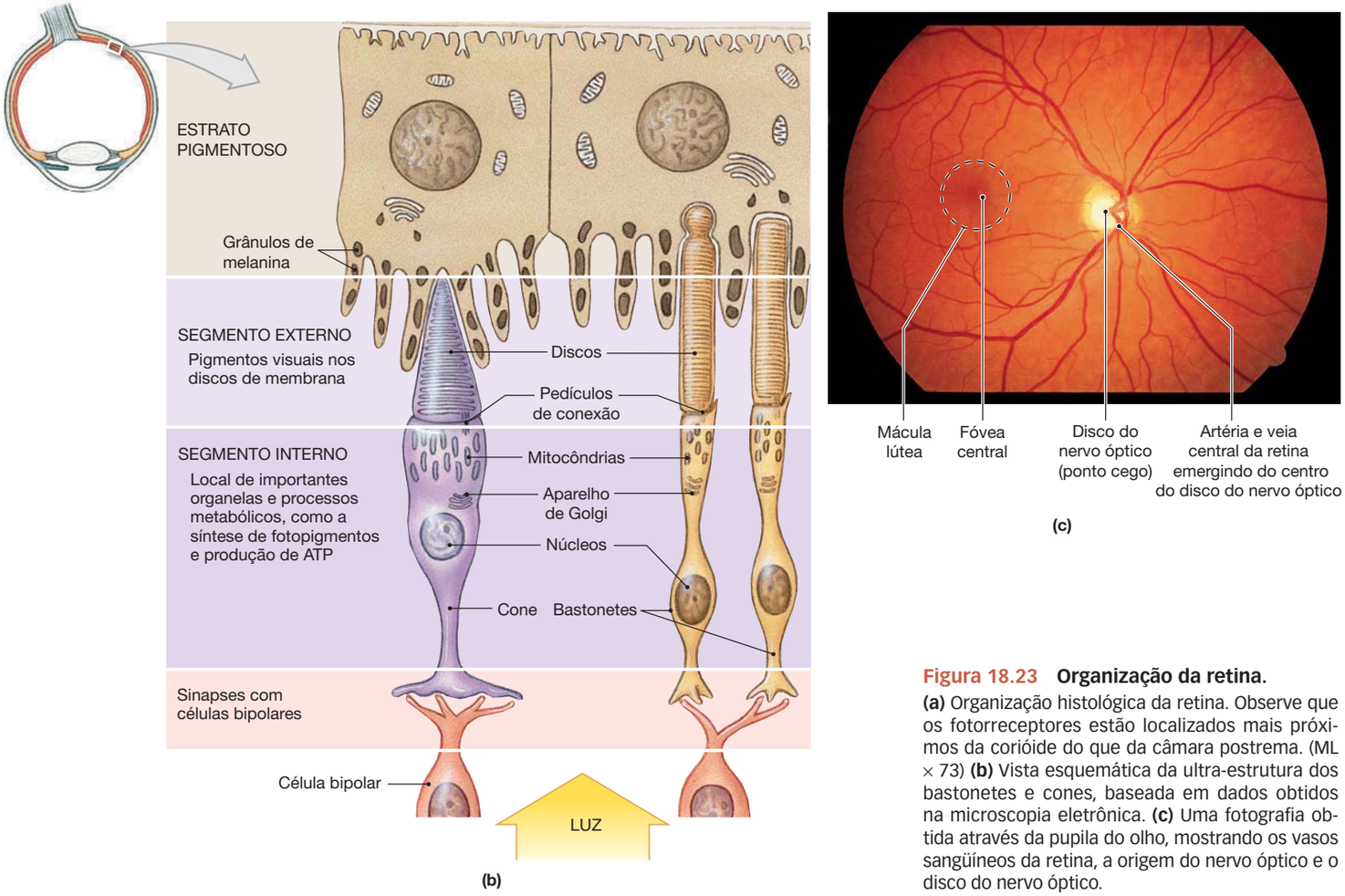


Figura 18.23 Organização da retina.
(a) Organização histológica da retina. Observe que os fotorreceptores estão localizados mais próximos da corioide do que da câmara postrema. (ML × 73) **(b)** Vista esquemática da ultra-estrutura dos bastonetes e cones, baseada em dados obtidos na microscopia eletrônica. **(c)** Uma fotografia obtida através da pupila do olho, mostrando os vasos sangüíneos da retina, a origem do nervo óptico e o disco do nervo óptico.

Nota clínica

Transplante de córnea A córnea tem uma capacidade muito restrita de auto-reparação, motivo pelo qual lesões de córnea devem ser tratadas imediatamente para evitar importante perda de visão. Para restaurar a visão após ulceração de córnea, costuma ser necessário substituir a córnea por meio de um *transplante de córnea*. Os transplantes de córnea são, provavelmente, a forma mais comum de cirurgia de transplante. Eles podem ser realizados entre indivíduos não aparentados, porque não há vasos sangüíneos na córnea e as células brancas do sangue, que rejeitam o enxerto, não penetram no local. A córnea deve ser removida nas primeiras cinco horas após a morte do doador.

as células de sustentação e os neurônios que realizam o processamento inicial e a integração da informação visual e (3) vasos sangüíneos que suprem os tecidos que revestem a câmara postrema.

O estrato nervoso e o estrato pigmentoso estão em geral muito unidos, mas não firmemente interconectados. O estrato pigmentoso se continua sobre o corpo ciliar e a íris, embora o estrato nervoso se estenda anteriormente apenas até a ora serrata. Então, o estrato nervoso forma um cálice que estabelece os limites posterior e lateral da câmara postrema (Figura 18.21b,d,e,f).

Organização da retina [Figuras 18.21b,e/18.23] Há aproximadamente 130 milhões de fotorreceptores na retina, cada um controlando um local específico da superfície retiniana. Uma imagem visual resulta do processamento de informações fornecidas por todas as células receptoras. Em vista seccional, a retina contém várias camadas de células (Figura 18.23a,b). A camada mais externa, a mais próxima do estrato pigmentoso, contém os receptores visuais. Há dois tipos de **fotorreceptores**: **bastonetes** e **cones**. Os bastonetes não discriminam diferentes cores. Eles são muito sensíveis à luz e nos permitem enxergar em ambientes mal iluminados, ao crepúsculo ou ao luar. Os cones nos fornecem a visão das cores. Há três tipos de cones, e sua estimulação em várias combinações fornece a percepção de diferentes cores. Os cones nos propiciam imagens mais nítidas e definidas, mas exigem maior intensidade luminosa do que os bastonetes. Se você sentar em um ambiente aberto ao crepúsculo (ou à aurora), você provavelmente será capaz de dizer quando seu sistema visual muda da visão baseada em cones (imagens claras com todas as cores) para a visão baseada em bastonetes (imagens relativamente granuladas, em preto-e-branco).

Bastonetes e cones estão homogeneamente distribuídos pela superfície externa da retina. Aproximadamente 125 milhões de bastonetes formam uma larga faixa ao redor da periferia da retina. A superfície posterior da retina apresenta cerca de 6 milhões de cones. A maioria deles se concentra em uma área onde uma imagem visual incide após atravessar a córnea e a lente. Não há bastonetes nesta região, conhecida como **mácula lútea** ("mancha amarela"). A maior concentração de cones se encontra na parte central da mácula lútea, na **fóvea central** (*fóvea*, pequena depressão). A fóvea central é o local de visão mais acurada; quando você olha diretamente para um objeto, a imagem dele incide sobre esta parte da retina (Figuras 18.21b,e e 18.23c).

Os bastonetes e cones fazem sinapse com cerca de 6 milhões de **células bipolares** (Figura 18.23a,b). A estimulação de bastonetes e cones altera a taxa de liberação de neurotransmissor e isso, por sua vez, modifica a atividade da célula bipolar. As **células horizontais**, no mesmo nível, formam uma rede que inibe ou facilita a comunicação entre os receptores visuais e as células bipolares. As células bipolares, por sua vez, fazem sinapse com as **células ganglionares**, que estão voltadas para o corpo vítreo. As **células amácrinas** neste nível modulam a comunicação entre as células bipolares e ganglionares. As células ganglionares são as únicas células na retina que originam potenciais de ação para o encéfalo.

Os axônios de aproximadamente 1 milhão de células ganglionares convergem no **disco do nervo óptico**, perfuram a parede do olho e agora, como nervo óptico (N II), se dirigem ao diencéfalo (Figura 18.21b,e). A *artéria central da retina* e a *veia central da retina* passam pelo centro do nervo óptico e emergem na superfície do disco do nervo óptico (Figura 18.23c). Não há fotorreceptores ou outras estruturas retinianas no disco do nervo óptico. Pelo fato de a luz que incide nesta área passar despercebida, ela é chamada de **ponto cego**. Você não "percebe" um ponto cego no campo visual porque os movimentos involuntários do olho mantêm a imagem visual se movendo e permitem que o encéfalo preencha a informação que está faltando.

As câmaras do bulbo do olho

As câmaras do bulbo do olho são as *câmaras anterior*, *posterior* e *postrema*. As câmaras anterior e posterior são preenchidas com *humor aquoso*.

Humor aquoso [Figura 18.24] O **humor aquoso** é formado continuamente, durante a passagem do líquido intersticial entre as células epiteliais dos processos ciliares e sua entrada na câmara posterior (Figura 18.24). As células epiteliais parecem regular sua composição, que lembra a do líquido cerebrospinal. O humor aquoso circula de tal maneira que, além de formar um coxim hidráulico, fornece uma importante via para o transporte de nutrientes e resíduos.

O humor aquoso retorna à circulação na câmara anterior, próximo à margem da íris. Após se difundir através do epitélio local, ele passa para o

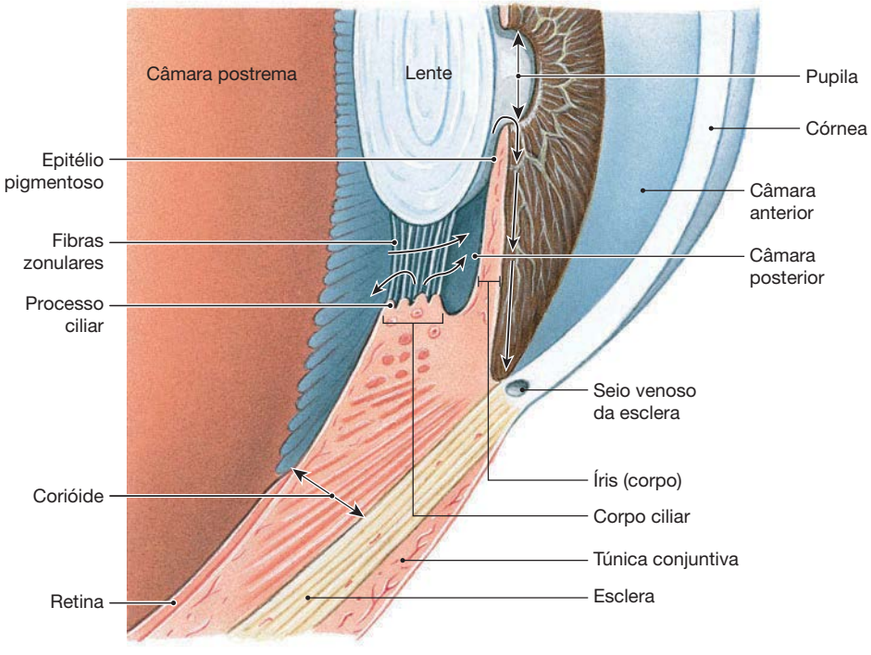


Figura 18.24 A circulação do humor aquoso.
O humor aquoso, secretado no corpo ciliar, circula nas câmaras anterior e posterior, assim como na câmara postrema (setas), antes de ser absorvido no canal venoso da esclera.

Nota clínica

Glaucoma O glaucoma afeta cerca de 2% das pessoas acima de 40 anos de idade. Nesta patologia, o humor aquoso não tem mais acesso livre ao seio venoso da esclera. Em 90% de todos os casos, os fatores primários responsáveis por esta doença não podem ser determinados. Embora a drenagem esteja prejudicada, a produção do humor aquoso continua e a pressão intra-ocular começa a aumentar. A parede fibrosa da esclera não pode se expandir significativamente e, então, a pressão aumentada começa a empurrar os tecidos moles intra-oculares adjacentes. Quando a pressão intra-ocular aumenta aproximadamente o dobro da normal, a distorção das fibras do nervo óptico começa a afetar a percepção visual. Se esta situação não for corrigida, o resultado final é a cegueira.

A maioria dos oftalmologistas incluem, na sua bateria de exames, um teste para glaucoma. A pressão intra-ocular é avaliada pela projeção de um leve jato de ar sobre a superfície do olho, medindo-se a deflexão produzida. O glaucoma pode ser tratado pela aplicação tópica de drogas que contraiam a pupila e tensionem a margem da íris, tornando a superfície mais permeável ao humor aquoso. A correção cirúrgica envolve a perfuração da parede da câmara anterior para estimular a drenagem e hoje ela é realizada por meio de cirurgia a *laser*, ambulatorialmente.

seio venoso da esclera (*canal de Schlemm*), que se comunica com as veias do olho.

A **lente** se localiza posteriormente à córnea, mantida em posição pelas fibras zonulares, que se originam no corpo ciliar da túnica vascular (**Figura 18.24**). A lente e suas fibras fixadoras formam o limite anterior da câmara postrema. Essa câmara contém o **corpo vítreo**, uma massa gelatinosa, algumas vezes chamada de *humor vítreo*. O corpo vítreo auxilia a manter a forma do olho, sustenta a superfície posterior da lente e fornece sustentação física para a retina, pressionando o estrato nervoso contra o estrato pigmentoso. O humor aquoso produzido na câmara posterior se difunde livremente através do corpo vítreo e da superfície da retina.

A lente [Figuras 18.21/18.24]

A função primária da lente é focalizar a imagem visual nos fotorreceptores da retina. Ela realiza esta função alterando sua forma. A lente consiste em camadas concêntricas de células que estão organizadas com precisão (**Figuras 18.21b,d,e** e **18.24**). Uma cápsula fibrosa densa reveste toda a lente.

Muitas das fibras capsulares são elásticas e, a menos que uma força externa seja aplicada, elas se contraem, tornando a lente esférica. Ao redor das margens da lente, as fibras capsulares se entrelaçam com as fibras zonulares.

Em repouso, a tensão nas fibras zonulares suplanta a da cápsula elástica e achata a lente. Nesta posição, o olho focaliza objetos distantes. Quando o músculo ciliar se contrai, o corpo ciliar se move em direção à lente. Este movimento reduz a tensão nas fibras zonulares, e a lente elástica assume uma forma mais esférica, que permite ao olho focalizar objetos próximos.

Vias visuais [Figuras 18.25/18.26]

Cada bastonete e cada cone controlam um campo sensitivo específico. A imagem visual resulta do processamento da informação fornecida por todos os receptores. Uma parte significativa do processamento ocorre na retina, antes que a informação seja enviada ao encéfalo, por causa das interações entre seus vários tipos de células.

Os dois nervos ópticos, um para cada olho, alcançam o diencéfalo no quiasma óptico (**Figura 18.25**). Deste ponto em diante, ocorre uma decussação parcial de fibras nervosas: aproximadamente a metade das fibras se dirige ao corpo geniculado lateral do mesmo lado do encéfalo, enquan-

Nota clínica

Cataratas A transparência da lente depende de uma combinação precisa de características estruturais e bioquímicas. Quando este equilíbrio é alterado, a lente perde sua transparência e muda a forma, tornando-se menos elástica e mais achatada. A lente anormal é conhecida como **catarata**. Ela atua como uma janela esfumaçada ou regelada, distorcendo e obscurecendo a imagem que atinge a retina.

As cataratas podem ser congênitas ou resultar de reações a drogas, lesões ou radiação, mas as **cataratas senis**, uma conseqüência do envelhecimento, são as mais comuns. Com o avanço da idade, a lente torna-se menos elástica e o indivíduo tem dificuldade para focalizar objetos próximos. (A pessoa tem "presbiopia".) Durante este período, a catarata pode evoluir lentamente e sem dor. No início, a turvação pode afetar apenas parte da lente e o indivíduo pode não perceber qualquer perda de visão.

Com o tempo, a lente adquire uma tonalidade amarelada e, finalmente, começa a perder sua transparência. À medida que a lente fica "turva", o indivíduo necessita, para a leitura, luzes mais intensas, maiores contrastes e letras maiores. A claridade visual começa a diminuir. A luz do sol, de lâmpadas ou os faróis de um carro se aproximando podem parecer muito brilhantes. Freqüentemente, brilhos e halos ao redor do foco de luz podem tornar o ato de dirigir desconfortável e perigoso. Fadiga ocular e piscar repetitivo podem se tornar comuns. Além disso, as cores não são vivas ou podem até ter uma tonalidade amarelada.

Se a lente se tornar completamente opaca, a pessoa será funcionalmente cega, embora os receptores na retina estejam normais. Modernos procedimentos cirúrgicos envolvem a remoção da lente, intacta ou em

pedaços, após fragmentação com ultra-som. A lente ausente pode ser substituída por uma artificial, colocada atrás da íris. A visão pode, então, ser refinada com óculos ou lentes de contato.

to a outra metade cruza a linha mediana para alcançar o corpo geniculado lateral do lado oposto (**Figura 18.26**). A informação visual da metade esquerda de cada retina atinge o corpo geniculado lateral do lado esquerdo; a informação visual da metade direita de cada retina se dirige ao corpo geniculado lateral do lado direito. Os corpos geniculados laterais atuam como centros de ligação que retransmitem a informação visual para centros reflexos no tronco encefálico, bem como para o córtex cerebral. Os reflexos que controlam os movimentos oculares são desencadeados pela informação que, desviando dos corpos geniculados laterais, faz sinapse nos colículos superiores.

Integração cortical [Figura 18.26]

A sensação da visão acontece pela integração da informação que alcança o córtex visual dos lobos occipitais dos hemisférios cerebrais. O córtex visual contém um mapa sensitivo de todo o campo visual. Como no caso do córtex sensitivo primário, o mapa não corresponde fielmente às áreas no campo sensitivo.

Cada olho também recebe uma imagem levemente diferente, porque (1) as suas fóveas centrais estão 5 a 8 cm afastadas uma da outra e (2) o nariz e a órbita bloqueiam a visão do lado oposto. As áreas corticais de associação e integração comparam as duas perspectivas (**Figura 18.26**) e as utilizam para nos proporcionar a percepção de profundidade (visão espacial). O cruzamento parcial que ocorre no quiasma óptico assegura que o córtex visual receba uma imagem *composta* de todo o campo visual.

O tronco encefálico e o processamento da visão [Figura 18.26]

Muitos centros no tronco encefálico recebem informação visual proveniente dos corpos geniculados laterais ou de vias colaterais dos tratos ópticos. Via colaterais que se desviam dos corpos geniculados laterais fazem sinapse no colículo superior ou no hipotálamo (**Figura 18.26b**). O colículo superior do mesencéfalo envia comandos motores subconscientes que controlam os movimentos do olho, da cabeça e do pescoço em resposta aos estímulos visuais. A aferência visual para o **núcleo supraquiasmático** do hipotálamo e as células endócrinas da *glândula pineal* afetam a função de outros núcleos do tronco encefálico. Esses núcleos estabelecem um padrão diário de atividade visceral ligada ao ciclo dia-noite. Este **ritmo circadiano** (*circa*, ao redor + *dies*, dia) afeta a taxa metabólica, a função endócrina, a pressão sangüínea, as atividades digestivas, o ciclo sono-vigília e outros processos fisiológicos.

REVISÃO DOS CONCEITOS

1. Qual camada do olho seria a primeira a ser afetada por uma produção inadequada de lágrimas?
2. Se a pressão intra-ocular se tornar excessivamente elevada, que estruturas do olho estão afetadas e de que forma?
3. Uma pessoa que nascesse sem cones seria capaz de ver? Explique.
4. No laboratório de anatomia, seu colega pergunta: "O que são processos ciliares e o que eles fazem?". Como você responderia?

Veja a seção de Respostas na parte final do livro.

Resumo de embriologia

Para um resumo do desenvolvimento dos órgãos dos sentidos especiais, consulte o Capítulo 28 (Embriologia e Desenvolvimento Humano).

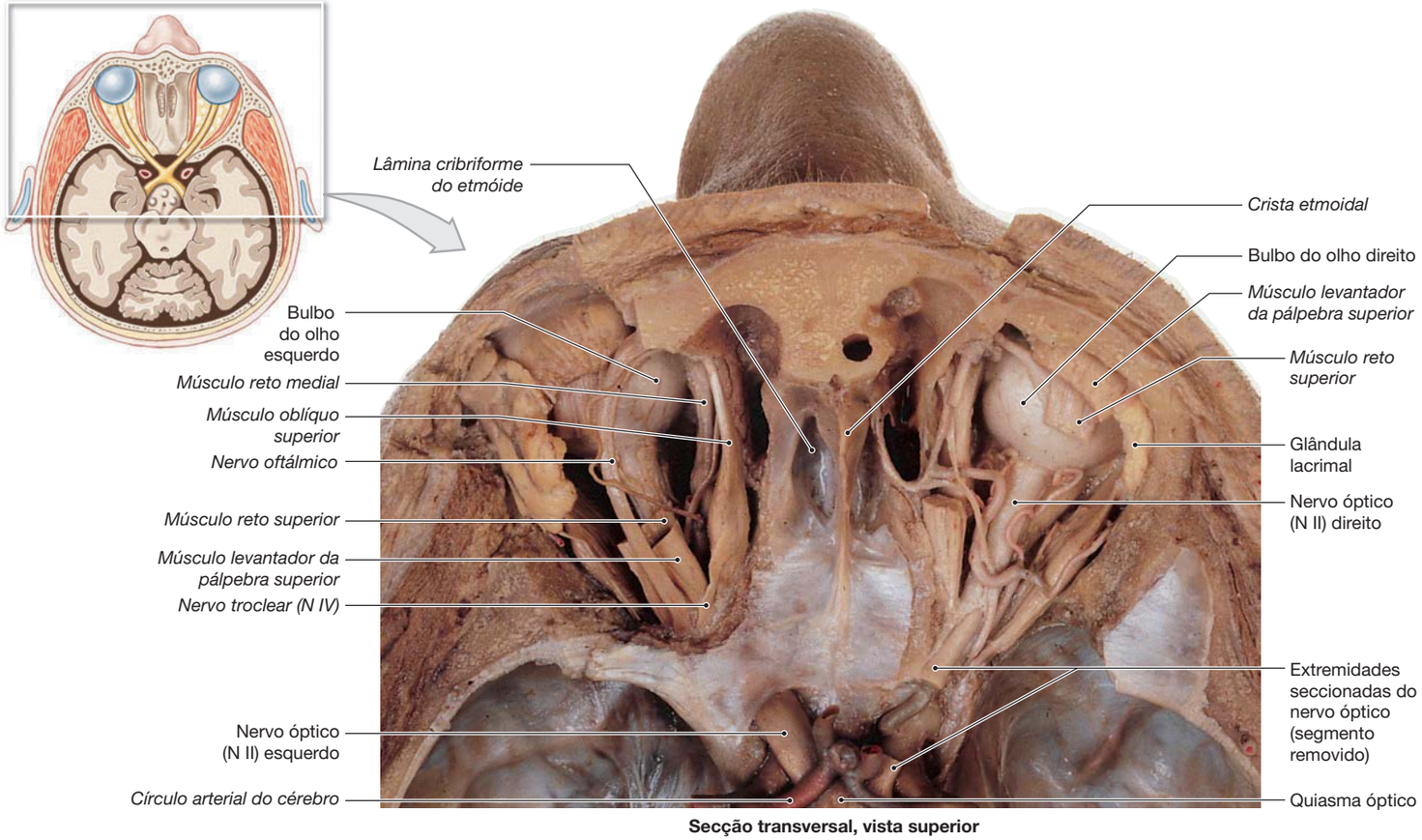
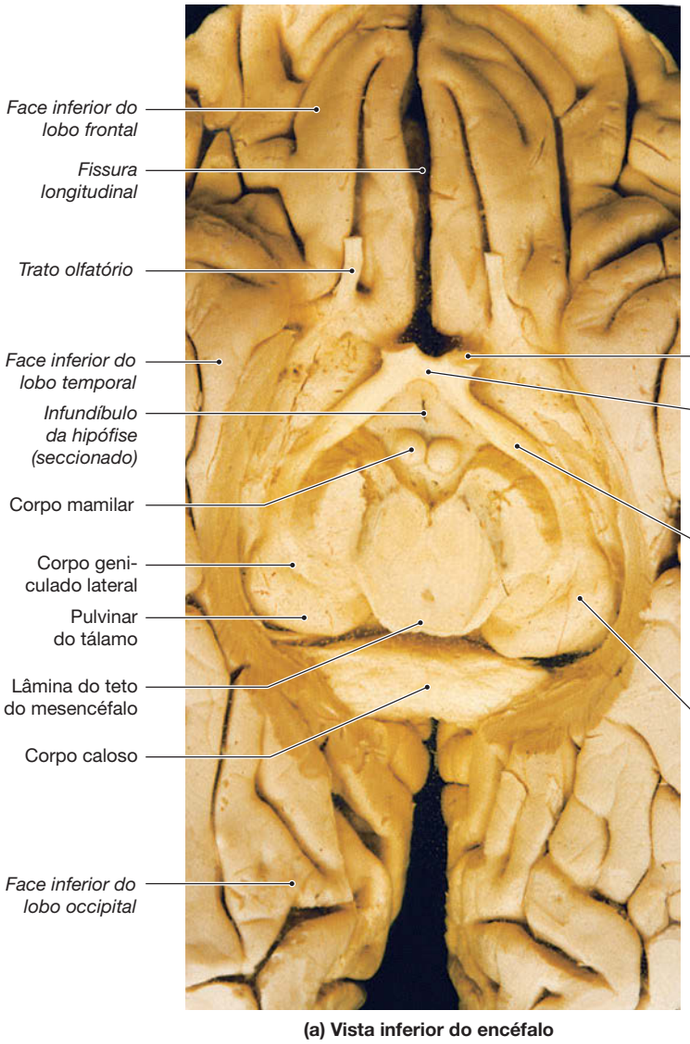
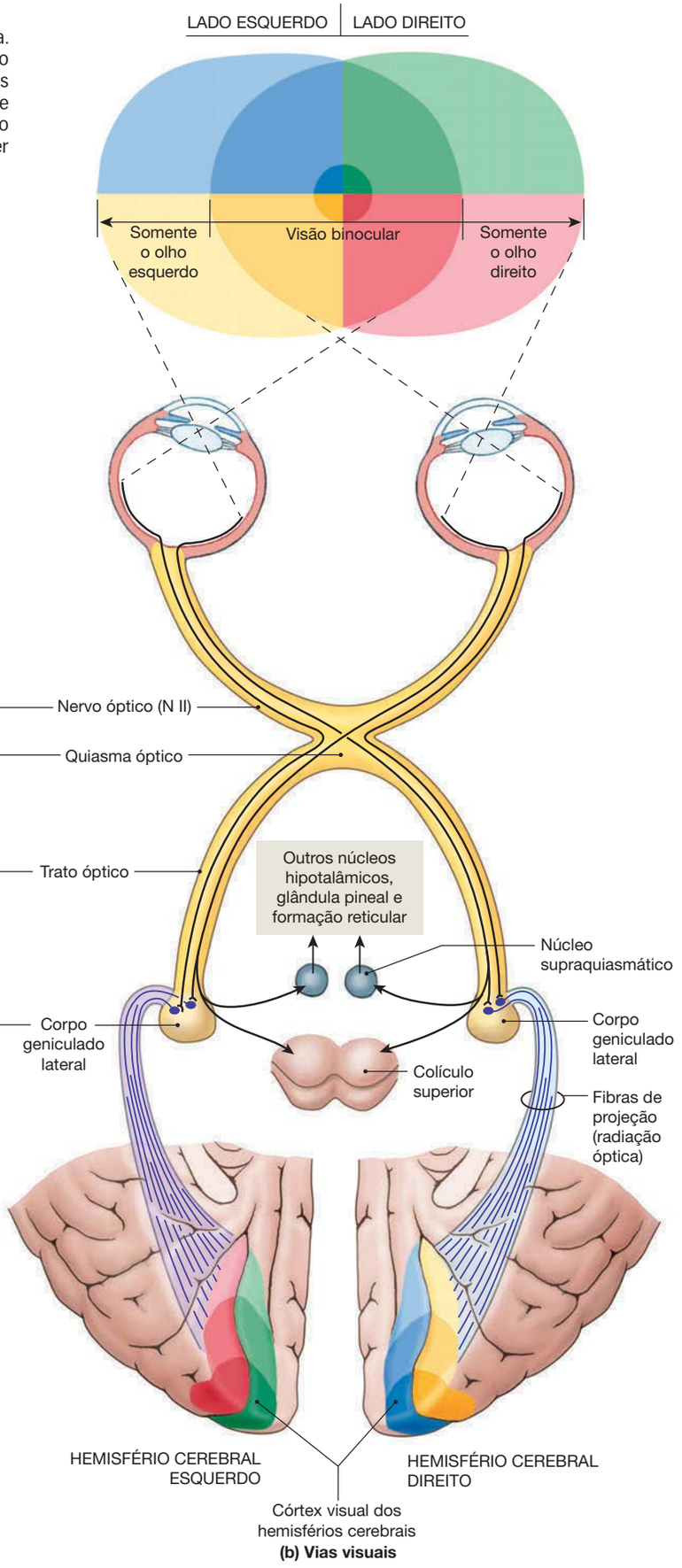


Figura 18.25 Anatomia das vias visuais, parte I.
Vista superior de uma secção transversal através da cabeça, no nível do quiasma óptico.

Figura 18.26 Anatomia das vias visuais, parte II.
(a) Vista inferior do encéfalo. A maior parte do tronco encefálico foi removida. Partes dos hemisférios cerebrais foram dissecadas e afastadas para mostrar o trato óptico. **(b)** No quiasma óptico, ocorre um cruzamento parcial das fibras nervosas. Como resultado, cada hemisfério recebe informação visual da metade lateral da retina do olho no mesmo lado e da metade medial da retina do olho no lado oposto. Áreas de associação visual integram a informação para desenvolver uma imagem composta de todo o campo visual.



(a) Vista inferior do encéfalo



(b) Vias visuais

Caso clínico

O QUE VOCÊ ME DIZ, DOUTOR?

João Angleman, um mecânico de 41 anos de idade, vai ao serviço de saúde ocupacional de uma fábrica para consultar o médico, com queixas de dificuldade de audição na orelha direita. Este problema começou há cerca de três meses e ele acredita estar piorando. Sua esposa observou que ele vira a orelha esquerda na sua direção a fim de ouvi-la falar. Além disso, João notou que precisa usar o telefone na orelha esquerda. Ele informa ao médico que também tem se sentido um pouco instável, mas acha que é porque está ficando mais velho. João afirma que costuma usar protetores de orelha (EIP – equipamento individual de proteção) enquanto está trabalhando.

Exame inicial

O médico examina-o e verifica que ele não consegue ouvir um diapasão de alta freqüência com a orelha direita tão bem quanto o faz com a orelha esquerda. Ele é encaminhado a um fonoaudiólogo.

No dia seguinte, o fonoaudiólogo realiza um teste convencional na consulta de acompanhamento. O exame do fonoaudiólogo confirma uma perda auditiva severa para tons de média e alta freqüência, em ambas as orelhas, e perda moderada para sons de baixa freqüência. Como João vem trabalhando em um ambiente fabril muito ruidoso, presume-se que ele tenha uma patologia comum a esta condição, a perda de audição de altas freqüências induzida pelo ruído. Nenhum outro procedimento clínico no paciente foi realizado.

O fonoaudiólogo recomenda o seguinte:

- João deve começar imediatamente a utilizar uma forma alternativa de proteção auricular que bloqueie a maior parte do ruído da maquinaria da fábrica.
- João deve também considerar o uso de um aparelho auditivo.

João retorna ao médico, no serviço de saúde ocupacional, dois meses depois. Apesar de estar utilizando os novos protetores auriculares, seu problema de audição piorou. Além disso, ele também se queixa de dormência na face e desajeitamento da mão direita. Ele também observou problemas freqüentes na perna direita quando caminha. O médico do trabalho encaminha João a um neurologista.

Exame de acompanhamento

O neurologista revisou os resultados dos exames feitos pelo médico do trabalho e pelo fonoaudiólogo e também realizou seu próprio exame neurológico no paciente.

- Ele encontrou nistagmo, com piora evidente quando João olha à direita.
- O neurologista solicita que João realize a seguinte tarefa simples:

  1. Com um cotovelo flexionado em 90º e a mão em supinação (palma voltada para cima, paralela ao solo), João coloca sua outra mão sobre a mão em supinação.
  2. Então, pede a João que realize, rapidamente, pronações e supinações sucessivas com a segunda mão, aquela sobre sua palma.

Essa tarefa testa sua capacidade de realizar "movimentos rápidos alternados".

- O neurologista ainda pede que João realize outra tarefa:

  1. Apoiando o corpo em um membro inferior, ele deve mover seu outro pé, colocando-o, o mais rápido possível, à frente e atrás do pé apoiado.
  2. O neurologista agora solicita que João faça o mesmo, usando o outro lado do corpo. Ele observa que o paciente mostra-se extremamente desajeitado e incapaz de completar essa tarefa em um lado.

O neurologista pede uma tomografia computadorizada do crânio. O resultado não mostra lesões. Entretanto, tendo em vista que uma tomografia computadorizada não visualiza adequadamente a fossa posterior do crânio, ele então solicita uma ressonância magnética.

Pontos a considerar

Enquanto você examina as informações apresentadas acima, revise os assuntos estudados do Capítulo 11 ao Capítulo 17 e determine qual informação anatômica irá ajudá-lo a selecionar os dados relevantes obtidos sobre João e sua doença.

1. Que estruturas estão envolvidas na percepção do som?
2. Esquematize a via auditiva envolvida na transmissão dos potenciais de ação, da orelha interna ao córtex cerebral.

Análise e interpretação

A informação a seguir responde às questões formuladas na seção "Pontos a considerar". Para revisar os assuntos, veja as páginas citadas adiante.

1. As estruturas envolvidas na percepção do som incluem as estruturas da orelha externa, média e interna (págs. 475-483).
2. A via auditiva está esquematizada na página 482.

Diagnóstico

João é diagnosticado como portador de um tumor conhecido como neurinoma do acústico, ou schwannoma do nervo craniano VIII. Este tumor provoca compressão lateral do tronco encefálico. Exemplos desta doença são encontrados na **Figura 18.27a,b**.

O nervo craniano VIII (**págs. 416-417, 423**) é um nervo sensitivo especial que trata do equilíbrio (nervo vestibular) e da audição (nervo coclear). Um tumor como este interrompe a transmissão da informação auditiva e vestibular, da orelha interna para o encéfalo. Esta interrupção resulta em redução da acuidade auditiva, bem como em desequilíbrio, os quais lembram muitos os sintomas que João apresenta.

O neurinoma do acústico é um tumor benigno (não-canceroso) causado pelo crescimento celular aumentado no interior dos endoneuros do nervo craniano VIII. Este tipo de tumor causa alterações no equilíbrio e na audição (freqüentemente resultando em zumbido persistente na orelha, denominado *tinido*) em função de seu efeito no nervo craniano VIII. Além disso, por causa da localização do tumor, no caso de João, o neurinoma do acústico pode comprimir o tronco encefálico e o

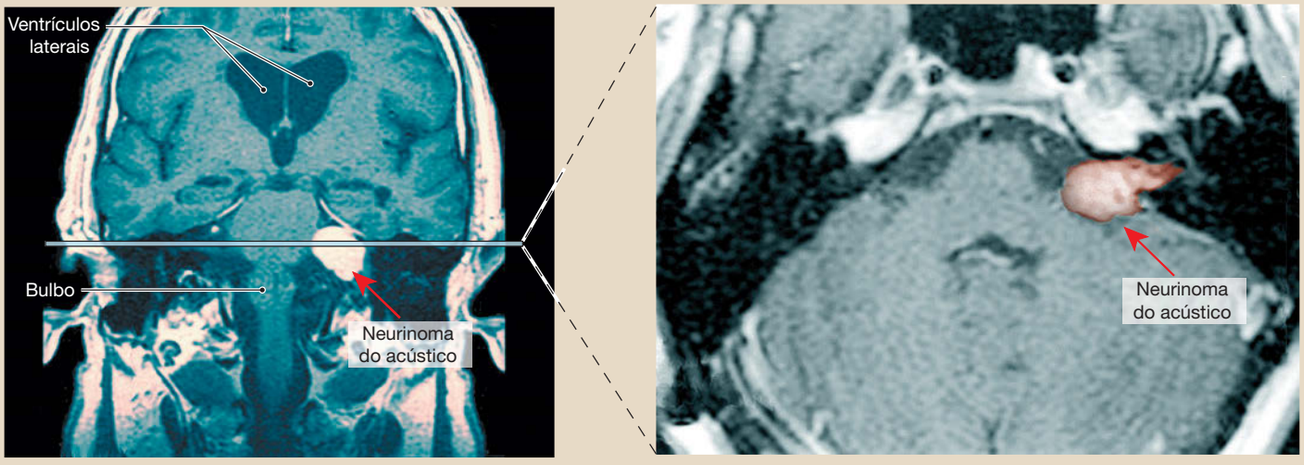
TERMOS DO CASO CLÍNICO

Fonoaudiólogo: Especialista na avaliação e reabilitação de indivíduos com distúrbios de comunicação originados, total ou parcialmente, de uma deficiência auditiva.

Nistagmo: Movimento rítmico involuntário dos bulbos dos olhos.

Teste de sensibilidade: Teste no qual uma agulha (ou alfinete) toca suavemente a pele, em vários locais, para determinar a sensibilidade neurológica da região ao tato e à dor.

Caso clínico (*continuação*)



(a) RM, secção frontal (coronal) **(b) RM, secção transversal**

Figura 18.27 Neurinoma do acústico.
(a) Ressonância magnética em secção frontal (coronal), mostrando um neurinoma do acústico. **(b)** Ressonância magnética em secção transversal, mostrando um neurinoma do acústico.

cerebelo. Como resultado, as funções normais destas duas partes do encéfalo ficarão prejudicadas. Embora o tumor seja benigno, pode ser fatal porque o crescimento do tumor freqüentemente leva a um quadro de hipertensão intracraniana. A pressão aumentada ao redor do encéfalo, no interior do crânio, resulta em distúrbios potencialmente letais da função do tronco encefálico caso não seja tratada. ■

TERMOS CLÍNICOS

Audiograma: Um registro gráfico do desempenho do indivíduo durante um teste audiométrico.

Catarata: Uma lente anormal que perdeu sua transparência.

Doença de Ménière: Vertigem aguda causada pela ruptura da parede do labirinto membranáceo.

Dor referida: Sensação dolorosa visceral, freqüentemente percebida como tendo origem em áreas superficiais (cutâneas) inervadas pelos mesmos nervos espinais.

Escotomas: Pontos cegos anormais, fixos na sua posição.

Implante coclear: Inserção de eletrodos no interior do nervo coclear, a fim de fornecer estimulação externa que proporcione alguma sensibilidade aos sons, na ausência de um órgão espiral funcionante.

Mastoidite: Infecção e inflamação das células mastóideas.

Miringotomia: Drenagem da orelha média, através de uma incisão cirúrgica na membrana timpânica.

Nistagmo: Movimentos oculares curtos, espasmódicos, que algumas vezes surgem após lesão no tronco encefálico ou na orelha interna.

Surdez de condução: Surdez resultante de patologias na orelha média que bloqueiam a transferência de vibrações da membrana timpânica para a janela do vestíbulo.

Surdez neurossensorial: Surdez resultante de patologias na cóclea ou ao longo da via auditiva.

Teste de condução óssea: Teste para a surdez de condução, geralmente envolvendo a colocação de um diapasão contra o crânio.

Vertigem: Uma sensação inapropriada de movimento.

RESUMO PARA ESTUDO

Introdução 471

1. Os **sentidos gerais** são temperatura, dor, tato, pressão, vibração e propriocepção; os receptores para estas sensações estão distribuídos por todo o corpo. Os receptores dos **sentidos especiais** (**olfação**, **gustação**, **equilíbrio**, **audição** e **visão**) estão localizados em áreas especializadas ou **órgãos dos sentidos**. Um **receptor sensitivo** é uma célula especializada que, quando estimulada, envia uma **sensação** ao SNC.

Receptores 471

1. A **especificidade sensitiva** permite a cada receptor responder a um estímulo particular. Os receptores mais simples são as **terminações nervosas livres**; a área controlada por uma única célula receptora é um **campo receptor**. (*ver Figura 18.1*)

Interpretação da informação sensitiva 471

2. Os **receptores tônicos** estão sempre enviando sinais para o SNC; os **receptores fásicos** tornam-se ativos somente quando as condições que eles controlam sofrem alteração.

Processamento central e adaptação 471

3. A **adaptação** (redução da sensibilidade na presença de estímulo constante) pode envolver alterações na sensibilidade do receptor (**adaptação periférica**) ou inibição ao longo das vias sensitivas (**adaptação central**). **Receptores de adaptação rápida** são fásicos; **receptores de adaptação lenta** são tônicos.

Limitações sensitivas 472

4. A informação fornecida por nossos receptores sensitivos é incompleta, porque (1) não possuímos receptores para todos os estímulos; (2) nossos receptores têm uma extensão de sensibilidade limitada; e (3) um estímulo produz um evento elétrico nervoso que deve ser interpretado pelo SNC.

Os sentidos gerais 472

1. Os receptores são classificados como **exteroceptores** quando fornecem dados sobre o ambiente externo e como **interoceptores** quando controlam condições no interior do corpo.

Nociceptores 472

2. Os **nociceptores** respondem a vários estímulos, geralmente associados à lesão tecidual. Há dois tipos de sensações dolorosas: **dor rápida** (*pontada*) e **dor lenta** (*queimação*). (*ver Figuras 18.2/18.3a*)

Termorreceptores 473

3. Os **termorreceptores** respondem a alterações na temperatura. Eles conduzem as sensações pelas mesmas vias que levam as sensações dolorosas.

Mecanorreceptores 473

4. Os **mecanorreceptores** respondem à deformação física, contato, ou pressão sobre as membranas celulares: **receptores táteis** para tato, pressão e vibração; **barorreceptores** para as alterações de pressão nas paredes dos vasos sangüíneos e dos tratos digestório, genital e urinário; e **proprioceptores** (*fusos neuromusculares*) para a posição de articulações e músculos. (*ver Figuras 18.3/18.4*)
5. Os **receptores de tato epicrítico** e **pressão** fornecem informação detalhada sobre a origem do estímulo; os **receptores de tato protopático** e **pressão** não têm uma localização precisa. Importantes receptores táteis incluem as **terminações nervosas livres**, o **plexo do folículo piloso**, **discos táteis** (*discos de Merkel*), **corpúsculos táteis** (*corpúsculos de Meissner*), **corpúsculos de Ruffini** e **corpúsculos lamelares** (*corpúsculos de Paccini*). (*ver Figura 18.3*)
6. Os **barorreceptores** (receptores de distensão) controlam as alterações na pressão; eles têm uma resposta imediata, mas se adaptam lentamente. Os barorreceptores nas paredes das artérias e veias de grande calibre respondem às alterações na pressão sangüínea. Os receptores situados ao longo do trato digestório auxiliam na coordenação das atividades reflexas da digestão. (*ver Figura 18.4*)
7. Os **proprioceptores** controlam a posição das articulações, a tensão nos tendões e ligamentos e o estado da contração muscular.

Quimiorreceptores 475

8. Em geral, os **quimiorreceptores** respondem às substâncias hidrossolúveis e lipossolúveis dispersas no líquido intersticial. Eles controlam a composição química dos líquidos do corpo. (*ver Figura 18.5*)

O olfato (olfação) 477

1. Os **órgãos olfatórios** contêm o **epitélio olfatório**, com **receptores olfatórios** (neurônios sensíveis às substâncias químicas dissolvidas no muco sobrenadante), **células de sustentação** e **células basais** (*células-tronco*). Suas superfícies são recobertas pelas secreções das **glândulas olfatórias**. (*ver Figura 18.6*)

Receptores olfatórios 477

2. Os receptores olfatórios são neurônios modificados. (*ver Figura 18.6b*)

Vias olfatórias 477

3. O sistema olfatório tem conexões extensas com o sistema límbico e com o hipotálamo, as quais auxiliam a explicar as respostas emocionais e comportamentais que podem ser produzidas por certos odores. (*ver Figura 18.6b*)

Discriminação olfatória 478

4. O sistema olfatório pode fazer distinções sutis entre milhares de estímulos químicos; o SNC interpreta os odores.
5. Os receptores olfatórios mostram considerável modificação e são o único exemplo conhecido de renovação neuronal no humano adulto. O número total de receptores diminui com a idade.

A gustação (paladar) 478

1. A **gustação**, ou paladar, fornece informação acerca dos alimentos e líquidos consumidos.

Receptores gustatórios 479

2. Os **receptores gustatórios** estão localizados nos **calículos gustatórios**, cada um deles contendo **células gustatórias** das quais se prolongam *cílios gustatórios*, através de um estreito **poro gustatório**. (*ver Figura 18.7b,c*)
3. Os calículos gustatórios estão associados com projeções epiteliais (**papilas**). (*ver Figura 18.6b*)

Vias gustatórias 479

4. Os calículos gustatórios são controlados pelos nervos cranianos VII, IX e X. As fibras sensitivas aferentes fazem sinapse no **núcleo solitário**, antes de seguirem para o tálamo e para o córtex cerebral. (*ver Figura 18.8*)

Discriminação gustatória 479

5. Os **sabores** são doce, salgado, ácido, amargo, umami e água.
6. Há diferenças individuais na sensibilidade para sabores específicos. O número de calículos gustatórios e sua sensibilidade diminuem com a idade. (*ver Figura 18.8*)

O equilíbrio e a audição 480

A orelha externa 480

1. A **orelha externa** inclui a **orelha** (pavilhão), que circunda a entrada do **meato acústico externo**, o qual termina na **membrana timpânica**. (*ver Figuras 18.9/18.10*)

A orelha média 480

2. Na **orelha média**, a **cavidade timpânica** encerra e protege os **ossículos da audição**, que conectam a membrana timpânica com o complexo receptor da orelha interna. A cavidade timpânica se comunica com a parte nasal da faringe por meio da **tuba auditiva**. (*ver Figuras 18.9/18.10*)
3. Os **músculos tensor do tímpano** e **estapédio** contraem-se com a finalidade de reduzir a quantidade de movimento da membrana timpânica quando sons muito intensos nela incidem. (*ver Figuras 18.9/18.10b,d*)

A orelha interna 482

4. Os sentidos do equilíbrio e da audição são supridos por receptores da **orelha interna** (alojados em câmaras e tubos preenchidos por líquido conhecidos como **labirinto membranáceo**). Suas câmaras e canais contêm **endolinfa**. O **labirinto ósseo** envolve e protege o labirinto membranáceo. O labirinto ósseo pode ser subdividido em **vestíbulo** e **canais semicirculares** (suprem o sentido do equilíbrio) e **cóclea** (supre o sentido da audição). (*ver Figuras 18.9/18.11 a 18.17*)
5. O vestíbulo inclui um par de vesículas membranáceas, o **utrículo** e o **sáculo**, cujos receptores fornecem sensações gravitacionais e de aceleração linear. A cóclea contém o **ducto coclear**, uma parte alongada do labirinto membranáceo. (*ver Figura 18.12*)
6. Os receptores fundamentais da orelha interna são as **células ciliadas**, cujas superfícies sustentam os estereocílios. As células ciliadas fornecem

informação sobre a direção e a intensidade de uma variedade de estímulos mecânicos.
7. Os **ductos semicirculares anterior**, **posterior** e **lateral** são contínuos ao utrículo. Cada um deles contém uma **ampola** com receptores sensitivos. Nela, os cílios entram em contato com a **cúpula** gelatinosa. (*ver Figuras 18.13/18.14*)
8. O utrículo e o sáculo estão ligados por um ducto contínuo ao **ducto endolinfático**, que termina no **saco endolinfático**. No utrículo e no sáculo, as células ciliadas se agrupam nas **máculas**, onde seus cílios fazem contato com os **otólitos**, os quais consistem em cristais minerais densamente compactados (**estatocônios**) em uma matriz gelatinosa. Quando a cabeça se inclina, a massa de cada otólito se desloca e a deformação resultante nos cílios sensitivos estimula o SNC. (*ver Figura 18.15*)
9. Os receptores vestibulares ativam os neurônios sensitivos dos **gânglios vestibulares**. Seus axônios formam o **nervo vestibular**, parte do nervo vestibulococlear (N VIII), que faz sinapse nos **núcleos vestibulares**. (*ver Figura 18.16*)

Audição 486

10. As ondas sonoras movimentam-se até a membrana timpânica, que vibra; os ossículos da audição conduzem as vibrações à base do estribo, na janela do vestíbulo. O movimento da janela do vestíbulo exerce pressão inicialmente sobre a perilinfa da **rampa do vestíbulo**, que depois é transmitida à perilinfa da **rampa do tímpano**. (*ver Figura 18.17*)
11. As ondas de pressão distorcem a **membrana basilar** e empurram as células ciliadas do **órgão espiral** (**órgão de Corti**) contra a **membrana tectória**. (*ver Figura 18.17 e Tabela 18.2*)

Vias auditivas 490

12. Os neurônios sensitivos da audição estão localizados no **gânglio espiral** da cóclea. Suas fibras sensitivas aferentes formam o **nervo coclear**, parte do nervo vestibulococlear (N VIII), e fazem sinapse no **núcleo coclear**. (*ver Figura 18.18*)

A visão 491

Estruturas oculares acessórias 491

1. As **estruturas oculares acessórias** incluem as **pálpebras**, separadas pela **rima das pálpebras**. Os **cílios** se alinham na parte externa das margens das pálpebras. As **glândulas tarsais**, que secretam um material rico em lipídeos, se alinham na parte interna das margens das pálpebras. Glândulas na **carúncula lacrimal** produzem outras secreções. (*ver Figura 18.18*)
2. As secreções da **glândula lacrimal** banham a túnica conjuntiva; essas secreções são ligeiramente alcalinas e contêm **lisozimas** (enzimas que degradam bactérias). As lágrimas são coletadas no *lago lacrimal*. As lágrimas alcançam o meato nasal inferior após passarem pelos **pontos lacrimais**, **canalículos lacrimais**, **saco lacrimal** e **ducto lacrimonasal**. Em conjunto, estas estruturas constituem o **aparelho lacrimal**. (*ver Figuras 18.19 a 18.21*)

O bulbo do olho 493

3. O bulbo do olho possui três camadas: uma *túnica fibrosa*, uma *túnica vascular* e uma *túnica interna*.
4. A **túnica fibrosa** inclui a maior parte da superfície ocular, a qual é recoberta pela **esclera** (o tecido conectivo fibroso denso da túnica fibrosa); o **limbo da córnea** é o limite entre a esclera e a córnea. (*ver Figura 18.21*)
5. Um epitélio denominado **túnica conjuntiva** reveste a maior parte da superfície exposta do olho; a **túnica conjuntiva do bulbo** recobre a superfície anterior do olho e a **túnica conjuntiva da pálpebra** reveste a superfície interna das pálpebras. A **córnea** é transparente. (*ver Figura 18.21*)
6. A **túnica vascular** inclui a **íris**, o **corpo ciliar** e a **corioide**. A íris forma o limite entre as câmaras anterior e posterior do bulbo do olho. O corpo ciliar contém o **músculo ciliar** e os **processos ciliares**, que se fixam às **fibras zonulares** da lente. (*ver Figuras 18.21/18.23*)
7. A **túnica interna** (**retina**) consiste em um **estrato pigmentoso**, externo, e um **estrato nervoso**, interno; este último contém receptores visuais e neurônios associados. (*ver Figuras 18.21 a 18.23*)
8. Há dois tipos de **fotorreceptores** (receptores visuais da retina). Os **bastonetes** fornecem visão em preto-e-branco com pouca luminosidade; os **cones** fornecem visão em cores com luminosidade brilhante. Os cones estão concentrados na **mácula lútea**; a **fóvea central** é a área de maior acuidade visual. (*ver Figuras 18.21/18.23*)
9. A trajetória direta para o cérebro segue dos fotorreceptores às **células bipolares**, então às **células ganglionares** e ao cérebro, via nervo óptico. As **células horizontais** e as **células amácrinas** modificam as informações transmitidas entre os outros componentes da retina. (*ver Figura 18.23a*)
10. O **humor aquoso** circula continuamente no interior do olho e é reabsorvido para a circulação geral depois de se difundir através das paredes da câmara anterior e do **seio venoso da esclera** (*canal de Schlemm*). (*ver Figura 18.24*)
11. A **lente**, fixada na sua posição pelas fibras zonulares, se localiza posteriormente à córnea e forma o limite anterior da câmara postrema. Essa câmara contém o **corpo vítreo**, uma massa gelatinosa que auxilia na estabilização da forma do olho e sustenta a retina. (*ver Figuras 18.21/18.24*)
12. A lente focaliza a imagem visual nos receptores da retina.

Vias visuais 499

13. Cada fotorreceptor controla um campo receptor específico. Os axônios das células ganglionares convergem no **disco do nervo óptico** e prosseguem ao longo do trato óptico até o quiasma óptico. (*ver Figuras 18.21b,e/18.23/18.25/18.26*)
14. A partir do quiasma óptico, após um cruzamento parcial, a informação visual é retransmitida aos corpos geniculados laterais. Daí, a informação é enviada ao córtex visual do lobo occipital. (*ver Figura 18.26*)
15. A aferência visual para o **núcleo supraquiasmático** e a glândula pineal afetam a função de outros núcleos do tronco encefálico. Esses núcleos instituem um **ritmo circadiano visceral**, ligado ao ciclo dia-noite, o qual afeta outros processos metabólicos. (*ver Figura 18.26b*)

REVISÃO DO CAPÍTULO

Para respostas às questões da Revisão dos Conceitos e Revisão do Capítulo, veja a seção de Respostas na parte final do livro.

Nível 1 – Revisão de fatos e termos

Associe cada item numerado com a letra do item que melhor se relaciona. Utilize letras para as respostas nos espaços apropriados.

Coluna A	Coluna B
___ 1. área controlada	a. perda da transparência
___ 2. deformação física	b. campo receptor
___ 3. olfatório	c. semelhante ao líquido cerebrospinal
___ 4. gustatório	d. mecanorreceptores
___ 5. glândulas ceruminosas	e. glândulas olfatórias (de Bowman)
___ 6. perilinfa	f. ducto coclear
___ 7. ampola	g. câmara anterior
___ 8. órgão espiral (de Corti)	h. calículos gustatórios
___ 9. humor aquoso	i. ducto semicircular
___ 10. catarata	j. meato acústico externo

11. A parte anterior, transparente, da túnica fibrosa é conhecida como:
    (a) córnea (b) esclera
    (c) íris (d) fóvea central

12. Um receptor especialmente comum nas camadas superficiais da pele e que responde à dor é um:
    (a) proprioceptor (b) barorreceptor
    (c) nociceptor (d) mecanorreceptor

13. Os receptores de tato epicrítico e pressão fornecem informação detalhada sobre:
    (a) a origem do estímulo (b) a forma do estímulo
    (c) a textura do estímulo (d) todas as anteriores estão corretas

14. Os receptores no utrículo e no sáculo fornecem sensações de:
    (a) equilíbrio rotacional (b) audição
    (c) vibração (d) gravidade e aceleração linear

15. Abaixo da tela subcutânea, as pálpebras são sustentadas por espessas lâminas de tecido conectivo chamadas, em conjunto, de:
    (a) pálpebras (b) tarso
    (c) calázio (d) ângulo medial do olho

16. A túnica interna:
    (a) consiste em três camadas distintas
    (b) contém os fotorreceptores
    (c) forma a íris
    (d) todas as anteriores estão corretas

17. Os canais semicirculares incluem qual das alternativas seguintes?
    (a) dorsal e ventral
    (b) lateral, intermédio e medial
    (c) anterior, posterior e lateral
    (d) espiral, reto e reverso

18. Os mecanorreceptores que detectam as alterações de pressão nas paredes dos vasos sangüíneos, assim como em partes dos tratos digestório, genital e urinário, são:
    (a) receptores táteis (b) barorreceptores
    (c) proprioceptores (d) terminações nervosas livres

19. Os grupos musculares da pupila são controlados pelo SNA. A ativação parassimpática causa _____ pupilar e a ativação simpática causa _____.
    (a) dilatação; constrição
    (b) dilatação; dilatação
    (c) constrição; dilatação
    (d) constrição; constrição

20. A informação auditiva acerca da região e intensidade do estímulo é retransmitida ao SNC por meio do nervo coclear, parte do nervo craniano.
    (a) N IV (b) N VI
    (c) N VIII (d) N X

Nível 2 – Revisão de conceitos

1. Por que, inicialmente, uma queimadura severa é menos dolorosa do que uma queimadura leve na pele?
    (a) os nociceptores da pele são destruídos pela queimadura e não podem transmitir as sensações dolorosas ao SNC
    (b) uma queimadura severa sobrecarrega os nociceptores e eles se adaptam rapidamente, de tal maneira que a dor não é mais sentida
    (c) uma queimadura leve na pele registra a dor que provém de receptores de dor e de muitos outros tipos simultaneamente
    (d) uma queimadura severa está além da extensão da sensibilidade da maioria dos receptores de dor

2. Como os músculos tensor do tímpano e estapédio afetam as funções da orelha?
    (a) eles não afetam a audição, mas têm papel relevante no equilíbrio
    (b) eles aumentam a sensibilidade da cóclea às vibrações produzidas pelas ondas sonoras aferentes
    (c) eles regulam a abertura e o fechamento da tuba auditiva
    (d) eles abafam sons excessivamente intensos que poderiam lesar as células ciliadas

3. Uma pessoa saliva quando antecipa a ingestão de um doce saboroso. Esta resposta física realçaria a gustação ou o olfato? Se afirmativo, por quê?
    (a) não, ela não realçaria nem a gustação nem o olfato
    (b) a salivação permite que o alimento deslize mais facilmente pela cavidade oral; não tem efeito sobre a gustação ou o olfato
    (c) uma mistura suplementar aumentaria a capacidade das moléculas de se dissolverem e penetrarem nos poros gustatórios mais rapidamente, realçando desta maneira o paladar; alterações similares realçariam a olfação
    (d) somente a gustação estaria realçada

4. O que é especificidade sensitiva? O que a causa?

5. O que poderia estimular a liberação de uma quantidade maior de neurotransmissor por uma célula ciliada na sua sinapse com um neurônio sensitivo?

6. Quais são as funções das células ciliadas da orelha interna?

7. Qual é o papel funcional da adaptação periférica?

8. Que tipo de informação a respeito de um estímulo fornece a codificação sensitiva?

9. Qual seria a conseqüência da lesão dos corpúsculos lamelares do membro?

10. Qual é a relação estrutural entre o labirinto ósseo e o labirinto membranáceo?

Nível 3 – Pensamento crítico

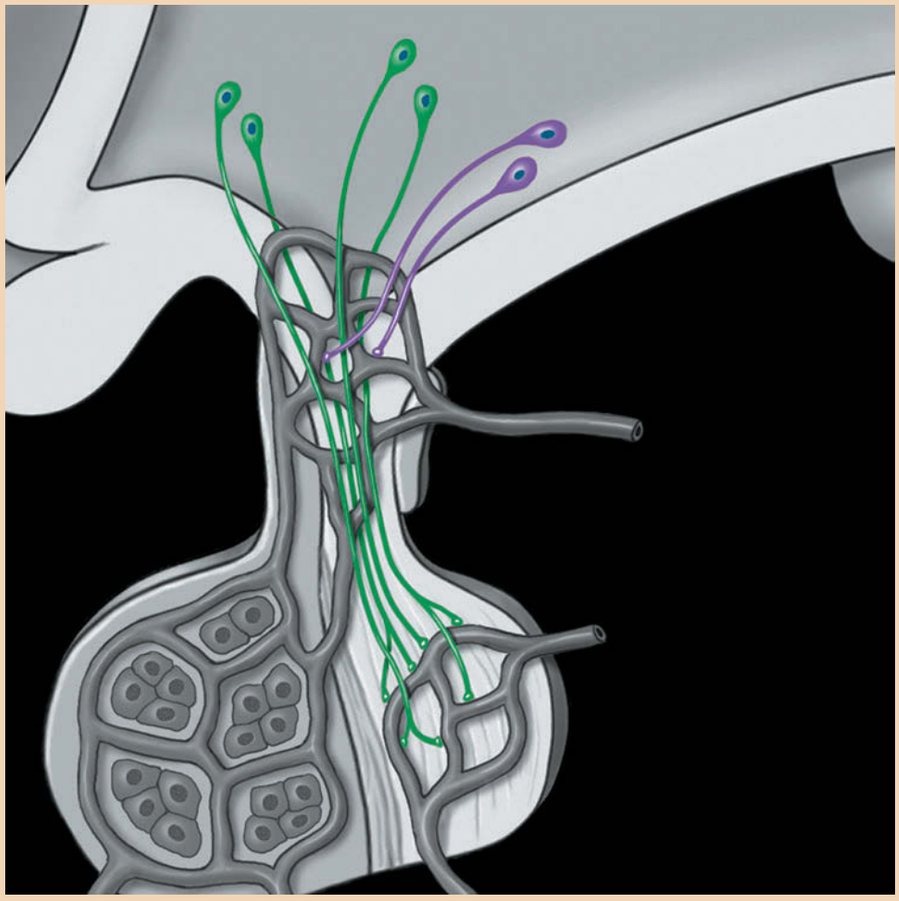
1. Elizabete fez uma cirurgia para remoção de alguns pólipos (excrescências) da cavidade nasal. Depois que se recuperou da cirurgia, ela observou que seu olfato não é mais tão apurado como antes da cirurgia. Você pode sugerir uma razão para isso?

2. Jairo tem 10 meses de idade e seu pediatra diagnosticou uma otite média. O que o médico relata para a mãe?

3. O que ocorre para que haja redução da eficácia de sua olfação quando você está resfriado?

19

O Sistema Endócrino



Introdução 508

Uma visão geral do sistema endócrino 508

A hipófise 510

A glândula tireóide 513

As glândulas paratireóides 515

O timo 515

As glândulas supra-renais 515

Funções endócrinas dos rins e do coração 518

O pâncreas e outros tecidos endócrinos do sistema digestório 518

Tecidos endócrinos do sistema genital 520

A glândula pineal 521

Hormônios e envelhecimento 521

OBJETIVOS DO CAPÍTULO:

1. Comparar a organização básica e as funções do sistema endócrino e do sistema nervoso.
2. Definir um hormônio, descrever as principais classificações químicas dos hormônios e explicar como os hormônios controlam suas células-alvo.
3. Descrever as relações estruturais e funcionais entre o hipotálamo e a neuro-hipófise.
4. Descrever a estrutura da neuro-hipófise e as funções dos hormônios por ela liberados.
5. Descrever o controle hipotalâmico da adeno-hipófise.
6. Discutir a estrutura da adeno-hipófise e as funções de seus hormônios.
7. Descrever a síntese, o armazenamento e a secreção dos hormônios da glândula tireóide.
8. Descrever a estrutura da glândula paratireóide e a função dos seus hormônios.
9. Descrever a localização e a estrutura do timo e as funções dos hormônios por ele produzidos.
10. Descrever a estrutura do córtex e da medula da glândula supra-renal e discutir os hormônios produzidos em cada região.
11. Relacionar e identificar a função dos hormônios produzidos pelos rins, pelo coração, pelo pâncreas e por outros tecidos do sistema digestório.
12. Relacionar os hormônios produzidos pelas gônadas masculina e feminina e discutir suas funções.
13. Discutir a localização e a estrutura da glândula pineal e descrever as funções dos hormônios pineais.
14. Descrever brevemente os efeitos do envelhecimento sobre o sistema endócrino.
15. Discutir os resultados dos distúrbios da produção hormonal.

A regulação da homeostase envolve a coordenação das atividades dos órgãos e sistemas do corpo. A todo momento, as células dos sistemas endócrino e nervoso trabalham conjuntamente para monitorar e ajustar as atividades fisiológicas do corpo. As atividades desses dois sistemas são intimamente coordenadas e seus efeitos são tipicamente complementares. Em geral, o sistema nervoso produz respostas a curto prazo (normalmente poucos segundos) e bastante específicas aos estímulos ambientais. Ao contrário, as células glandulares endócrinas liberam substâncias químicas na corrente sangüínea, para sua distribuição no organismo. pág. 59 Essas substâncias químicas, denominadas **hormônios** (que significa "excitar"), alteram as atividades metabólicas de muitos órgãos e tecidos diferentes simultaneamente. Os efeitos hormonais podem não ser observáveis imediatamente, porém, quando aparecem, freqüentemente perduram por dias. Este padrão de resposta faz com que o sistema endócrino seja particularmente eficiente no controle de processos contínuos, como o crescimento e o desenvolvimento.

À primeira vista, os sistemas nervoso e endócrino são facilmente diferenciáveis. Entretanto, quando estudados em mais detalhes, há situações em que a distinção fica difícil, tanto do ponto de vista anatômico quanto funcional. Por exemplo, a medula da glândula supra-renal é um gânglio simpático modificado, cujos neurônios secretam adrenalina (epinefrina) e noradrenalina (norepinefrina) na corrente sangüínea. pág. 458 Desse modo, dos pontos de vista funcional e do desenvolvimento, a medula da glândula supra-renal é uma estrutura endócrina que faz parte do sistema nervoso, enquanto o hipotálamo, que anatomicamente é parte do encéfalo, secreta uma variedade de hormônios. Embora o presente capítulo descreva os componentes e as funções do sistema endócrino, esta discussão necessariamente considerará suas inter-relações com o sistema nervoso.

Uma visão geral do sistema endócrino [Figura 19.1]

O **sistema endócrino** inclui todas as células e tecidos endócrinos do corpo (Figura 19.1).

Células endócrinas são células glandulares secretoras que liberam hormônios diretamente nos líquidos intersticiais, no sistema linfático ou no sangue. Inversamente, as secreções das glândulas exócrinas são liberadas sobre uma superfície epitelial. pág. 59

Com base em sua estrutura química, os hormônios são organizados em quatro grupos:

- **Derivados de aminoácidos:** São moléculas relativamente pequenas, estruturalmente semelhantes a aminoácidos. Exemplos incluem (1) derivados da tirosina, como os **hormônios tireóideos** liberados pela glândula tireóide e as **catecolaminas** (epinefrina e norepinefrina) liberadas pela medula da supra-renal, e (2) derivados do triptofano, como a **melatonina** sintetizada pela glândula pineal.

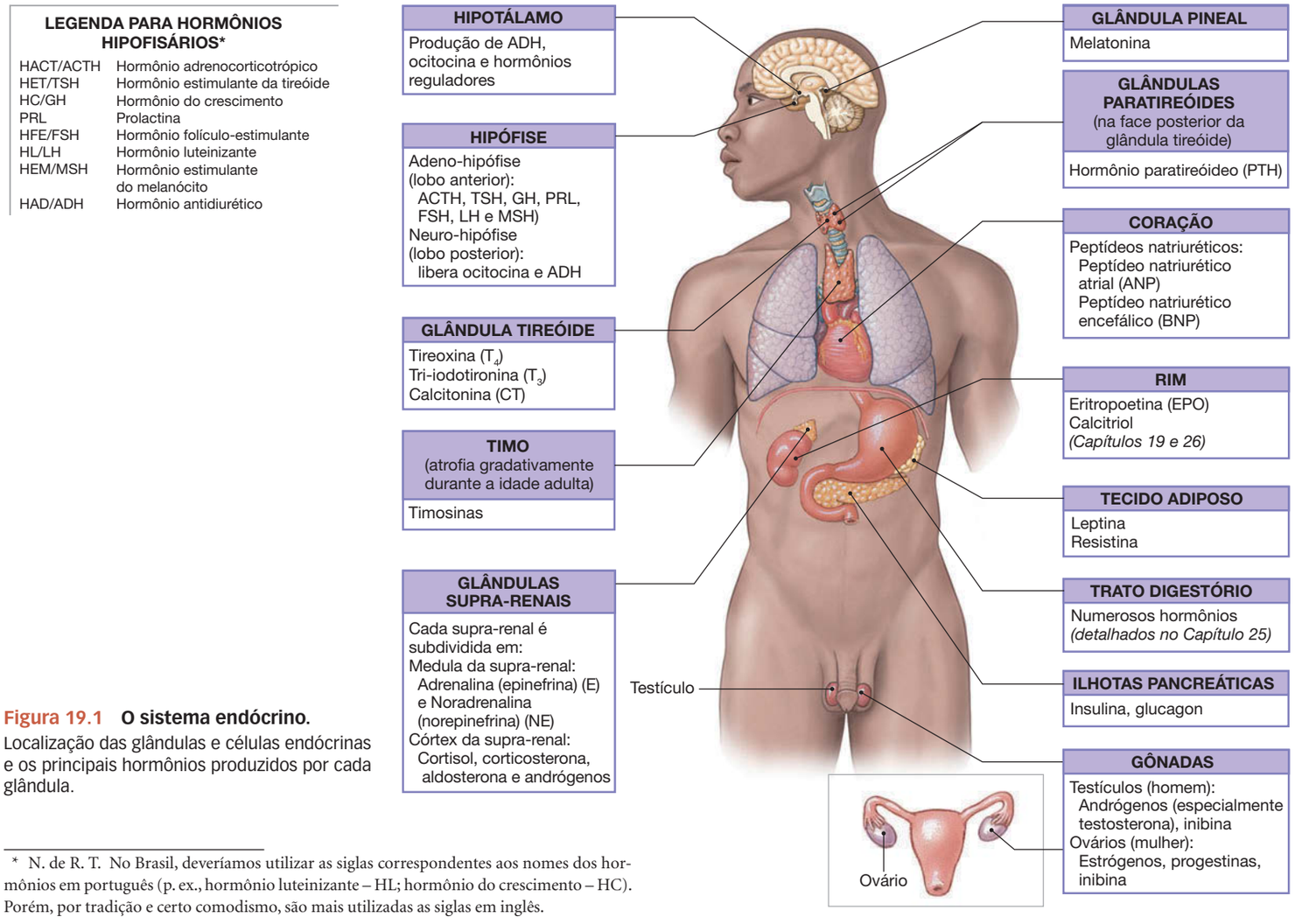


Figura 19.1 O sistema endócrino.
Localização das glândulas e células endócrinas e os principais hormônios produzidos por cada glândula.

* N. de R. T. No Brasil, deveríamos utilizar as siglas correspondentes aos nomes dos hormônios em português (p. ex., hormônio luteinizante – HL; hormônio do crescimento – HC). Porém, por tradição e certo comodismo, são mais utilizadas as siglas em inglês.

- **Hormônios peptídeos:** São cadeias de aminoácidos. Este é o maior grupo de hormônios; todos os hormônios da hipófise são hormônios peptídeos.
- **Hormônios esteróides:** Derivados do colesterol, são liberados pelas glândulas supra-renais e pelos órgãos genitais.
- **Eicosanóides:** São pequenas moléculas com um anel de cinco carbonos em uma das extremidades e que são liberadas pela maioria das células do corpo. Estes compostos coordenam as atividades celulares e interferem nos processos enzimáticos (como a coagulação sangüínea) que ocorrem nos líquidos extracelulares.

As enzimas controlam todas as atividades celulares e reações metabólicas. Os hormônios influenciam operações celulares modificando os *tipos,* as *atividades* ou as *quantidades* das enzimas citoplasmáticas chave. Desse modo, os hormônios podem regular as operações metabólicas de suas **células-alvo** – células periféricas que respondem à sua presença.

A atividade endócrina é controlada por **reflexos endócrinos** que são desencadeados por (1) *estímulos humorais* (alterações na composição do líquido extracelular), (2) *estímulos hormonais* (chegada ou remoção de um hormônio específico), ou (3) *estímulos neurais* (chegada de neurotransmissores nas junções neuroglandulares). Na maioria dos casos, os reflexos endócrinos são regulados por algum tipo de retroalimentação (*feedback*) negativa. No controle por *retroalimentação* negativa direta, (1) a célula endócrina responde a uma alteração na homeostase (como uma modificação na concentração de uma substância no líquido extracelular), por meio da liberação de seu hormônio no sistema circulatório, (2) o hormônio liberado estimula uma célula-alvo e (3) a resposta da célula-alvo restabelece a homeostase e elimina a fonte de estimulação da célula endócrina. Um exemplo citado no Capítulo 5 foi o controle dos níveis de cálcio pelo hormônio das glândulas paratireóides. pág. 124 À diminuição dos níveis de cálcio circulante, o hormônio paratireóideo é liberado e as células-alvo (osteoclastos) respondem propiciando a elevação dos níveis de cálcio sangüíneo. Com a elevação dos níveis de cálcio, o nível de estimulação do hormônio paratireóideo diminui, assim como a velocidade de secreção hormonal.

Reflexos endócrinos mais complexos envolvem uma ou mais etapas intermediárias e freqüentemente dois ou mais hormônios. Essas elaboradas cadeias de eventos podem ser controladas por mecanismos de *feedback* negativo complexo ou, raramente, por *feedback* positivo. Os mecanismos de *feedback* negativo complexo são os mecanismos reguladores mais comuns. Nestes casos, a secreção de um hormônio, como o hormônio estimulante da tireóide produzido pela adeno-hipófise (lobo anterior), desencadeia a secreção de um segundo hormônio, como o hormônio tireóideo produzido pela glândula tireóide. O segundo hormônio pode ter múltiplos efeitos, um dos quais inclui sempre a supressão da liberação do primeiro.

A regulação hormonal por meio de mecanismos de *feedback* positivo é restrita aos processos que precisam ser acelerados para se completar. Por exemplo, a liberação de ocitocina durante o trabalho de parto causa contração da musculatura lisa do útero, e as contrações uterinas estimulam ainda mais a liberação de ocitocina.

O hipotálmo e a regulação endócrina [Figura 19.2]

Os centros reguladores no hipotálamo coordenam as atividades dos sistemas nervoso e endócrino por meio de três mecanismos diferentes (**Figura 19.2**):

1. O hipotálamo secreta **hormônios reguladores**, ou *fatores reguladores,* que controlam as atividades das células endócrinas na adeno-hipófise (lobo anterior). Existem dois tipos de hormônios reguladores. (1) **Hormônios liberadores (HL/RH)** estimulam a produção de um ou mais hormônios na adeno-hipófise, enquanto (2) **hormônios inibidores (HI/IH)** impedem a síntese e a secreção de hormônios hipofisários específicos.
2. O hipotálamo atua como um órgão endócrino, liberando os hormônios *ADH* e *ocitocina* para a circulação na neuro-hipófise (lobo posterior).
3. O hipotálamo contém centros autônomos que exercem controle neural direto sobre as células endócrinas da medula da glândula supra-renal. pág. 406 Quando a parte simpática é ativada, a medula da glândula supra-renal libera hormônios na corrente sangüínea.

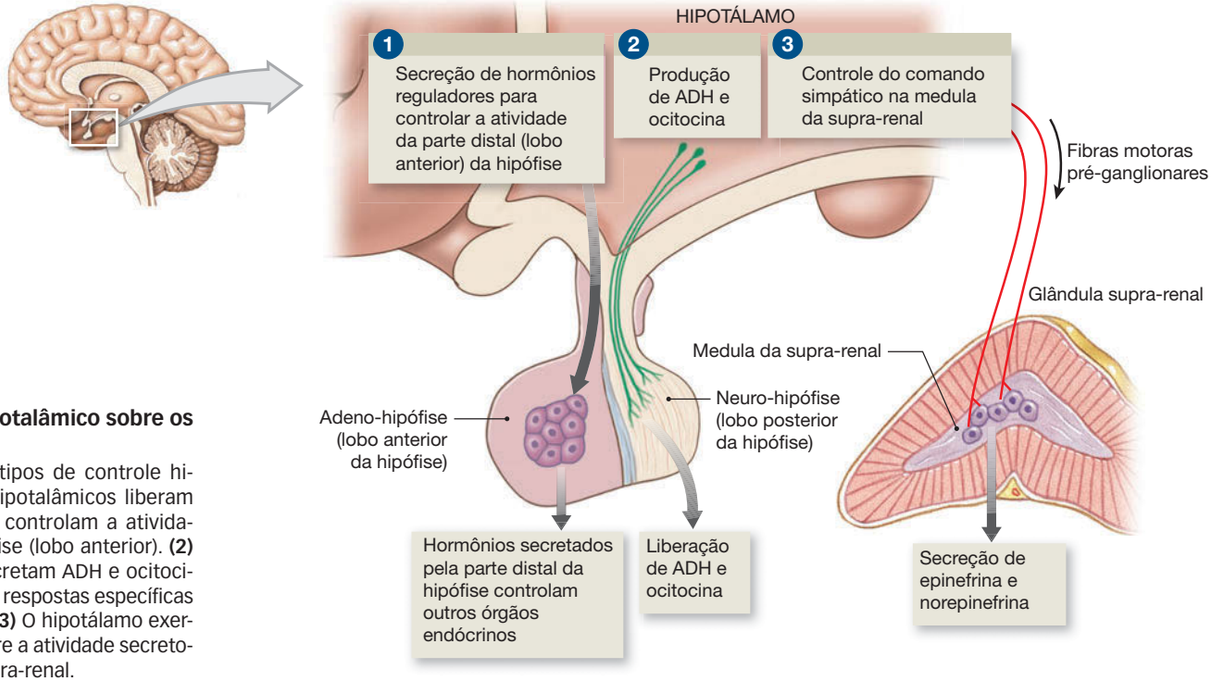


Figura 19.2 Controle hipotalâmico sobre os órgãos endócrinos.
Uma comparação dos três tipos de controle hipotalâmico. **(1)** Neurônios hipotalâmicos liberam hormônios reguladores que controlam a atividade secretora da adeno-hipófise (lobo anterior). **(2)** Neurônios hipotalâmicos secretam ADH e ocitocina, hormônios que produzem respostas específicas nos órgãos-alvo periféricos. **(3)** O hipotálamo exerce controle neural direto sobre a atividade secretora da medula da glândula supra-renal.

A hipófise [Figuras 19.3/19.4 e Tabela 19.1]

A **hipófise** pesa aproximadamente 6 g e é o centro mais compacto de produção química do corpo. Essa glândula oval, com o tamanho e o peso de um pequeno bago de uva, situa-se inferiormente ao hipotálamo no interior da *sela turca*, uma depressão no osso esfenóide. pág. 146 O **infundíbulo** estende-se desde o hipotálamo, inferiormente, até a superfície póstero-superior da hipófise (Figura 19.3a). O *diafragma da sela* circunda o infundíbulo e mantém a hipófise em posição no interior da sela turca. pág. 392

Baseando-se em especificidades anatômicas e de desenvolvimento, a descrição da hipófise inclui a caracterização de dois lobos: *a adeno-hipófise,* ou *lobo anterior,* e a *neuro-hipófise,* ou *lobo posterior* (Figura 19.3). Nove hormônios peptídeos importantes são liberados pela hipófise, dois pela *parte nervosa* da neuro-hipófise e sete pelas *partes distal* e *intermédia* da adeno-hipófise. A Tabela 19.1 resume a informação sobre os hormônios da hipófise e seus alvos; no diagrama da Figura 19.4 estão representados os órgãos-alvo.

A neuro-hipófise [Figuras 19.3 a 19.5/Tabela 19.1]

A **neuro-hipófise** (Figura 19.3) é também denominada **lobo posterior** da hipófise; ela contém os axônios e terminais axônicos de 50.000 neurônios hipotalâmicos cujos corpos celulares estão localizados no **núcleo supra-óptico** ou no **núcleo paraventricular** (Figura 19.5 e Tabela 19.1). Os axônios estendem-se desses núcleos através do infundíbulo e fazem trajeto até os terminais sinápticos na *parte nervosa* da neuro-hipófise. Os neurônios hipotalâmicos sintetizam ADH (núcleo supra-óptico) e ocitocina (núcleo paraventricular). O ADH e a ocitocina são chamados de *neurossecreções* porque são substâncias produzidas e liberadas por neurônios. Uma vez liberados, estes hormônios penetram nos vasos capilares locais supridos pela **artéria hipofisária inferior** (Figura 19.5). A partir daí estes hormônios são conduzidos pela circulação geral.

Os hormônios liberados pela neuro-hipófise (Figura 19.4) incluem estes:

1. *HAD/ADH*: O **hormônio antidiurético**, ou *vasopressina,* é liberado em resposta a uma variedade de estímulos, mais notadamente à elevação da concentração de eletrólitos no sangue ou à queda do volume sangüíneo ou da pressão arterial. A função primordial do ADH é diminuir a quantidade de água eliminada nos rins. O ADH também promove a constrição dos vasos sangüíneos periféricos, o que contribui para a elevação da pressão sangüínea.
2. *Ocitocina:* As funções da **ocitocina** (*oxy,* rápido + *tokos,* nascimento) são mais conhecidas nas mulheres, uma vez que esta substância estimula as contrações das células da musculatura lisa do útero e das células contráteis (células mioepiteliais) ao redor das células secretoras das glândulas mamárias. A estimulação do músculo uterino pela ocitocina é necessária para o trabalho de parto e nascimento no último estágio da gestação. Após o nascimento, a sucção pela criança ao mamar estimula a liberação da ocitocina no sangue. A ocitocina então estimula a contração das células mioepiteliais nas glândulas mamárias, causando a liberação do leite pelas papilas mamárias. No homem, a ocitocina causa a contração da musculatura lisa na próstata.

A adeno-hipófise [Figura 19.3 e Tabela 19.1]

A **adeno-hipófise** (também denominada **lobo anterior** da hipófise) contém cinco tipos diferentes de células (Tabela 19.1) A adeno-hipófise pode ser subdividida em três regiões: (1) uma grande **parte distal** que representa a maior porção da hipófise; (2) uma delgada **parte intermédia**, que forma uma estreita faixa adjacente à neuro-hipófise; e (3) uma extensão denominada **parte tuberal**, que envolve a porção adjacente do infundíbulo (Figura 19.3). Toda a adeno-hipófise é ricamente vascularizada por meio de uma extensa rede de vasos capilares.

O sistema porta-hipofisial [Figura 19.5]

A produção de hormônios na adeno-hipófise é controlada pelo hipotálamo, por meio da secreção de fatores reguladores específicos. Neurônios hipotalâmicos, próximos à fixação ao infundíbulo, liberam fatores reguladores nos líquidos intersticiais circundantes. Nessa região, os fatores

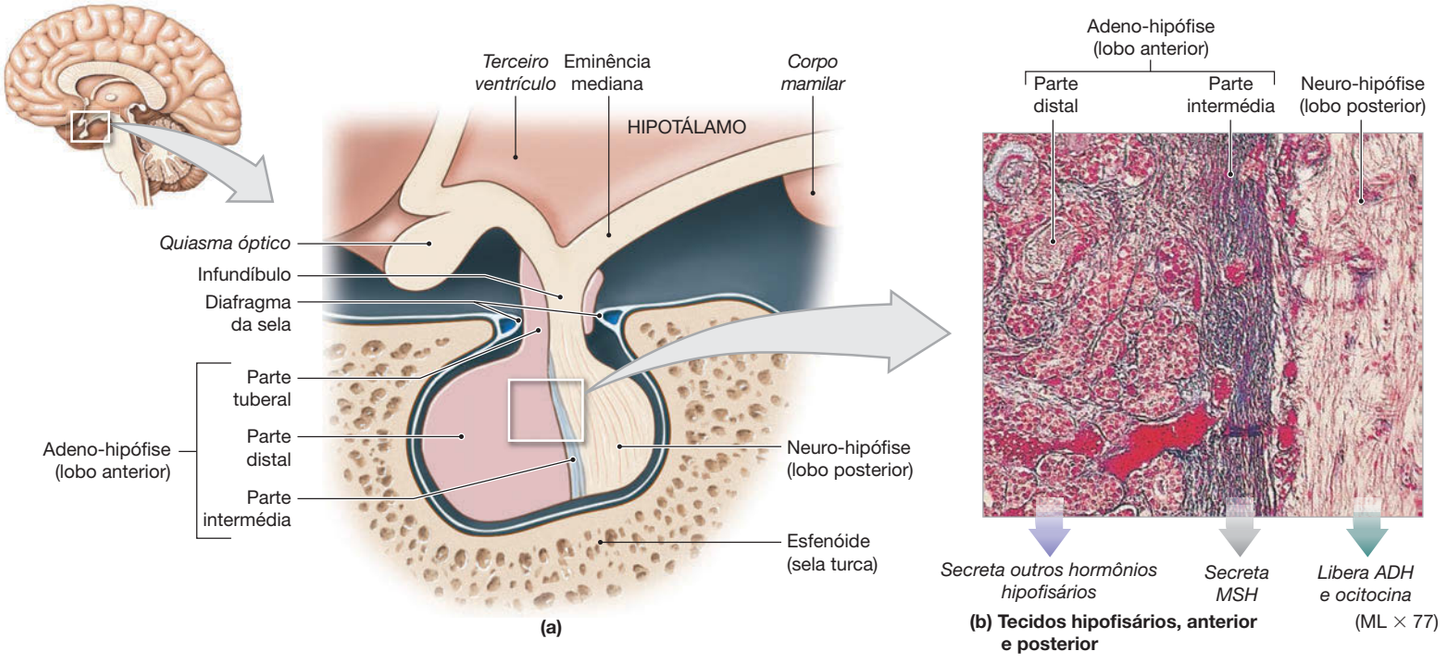


Figura 19.3 Anatomia macroscópica e organização histológica da hipófise e suas subdivisões.
(a) Relações entre a hipófise e o hipotálamo. **(b)** Organização histológica da hipófise mostrando a adeno-hipófise e a neuro-hipófise.

TABELA 19.1 Hormônios da hipófise

Região/área	Hormônio	Alvos	Efeitos hormonais
ADENO-HIPÓFISE (LOBO ANTERIOR)			
Parte distal	Hormônio estimulante da tireóide (TSH)	Glândula tireóide	Secreção de hormônios da glândula tireóide
	Hormônio adrenocorticotrópico (ACTH)	Córtex da glândula supra-renal (zona fasciculada)	Secreção de glicocorticóide
	Gonadotropinas:		
	Hormônio folículo-estimulante (FSH)	Células foliculares ováricas	Secreção de estrógeno, desenvolvimento folicular
		Células de Sertoli nos testículos	Estimulação da maturação espermática
	Hormônio luteinizante (LH)	Células foliculares ováricas	Ovulação, formação do corpo lúteo, secreção de progesterona
		Células intersticiais dos testículos (homens)	Secreção de testosterona
	Prolactina (PRL)	Glândulas mamárias (mulheres)	Produção de leite
	Hormônio do crescimento (GH)	Todas as células	Crescimento, síntese protéica, mobilização de lipídeos e catabolismo
Parte intermédia (não ativa em adultos normais)	Hormônio estimulante do melanócito (MSH)	Melanócitos	Síntese de melanina aumentada na epiderme
NEURO-HIPÓFISE (LOBO POSTERIOR)			
Parte nervosa	Hormônio antidiurético (ADH ou vasopressina)	Rins	Reabsorção de água, elevação do volume e pressão sangüíneos
	Ocitocina (OT)	Útero, glândulas mamárias (mulheres)	Contrações do trabalho de parto, ejeção do leite
		Ducto deferente e próstata (homens)	Contrações do ducto deferente e glândulas da próstata; ejeção de secreções

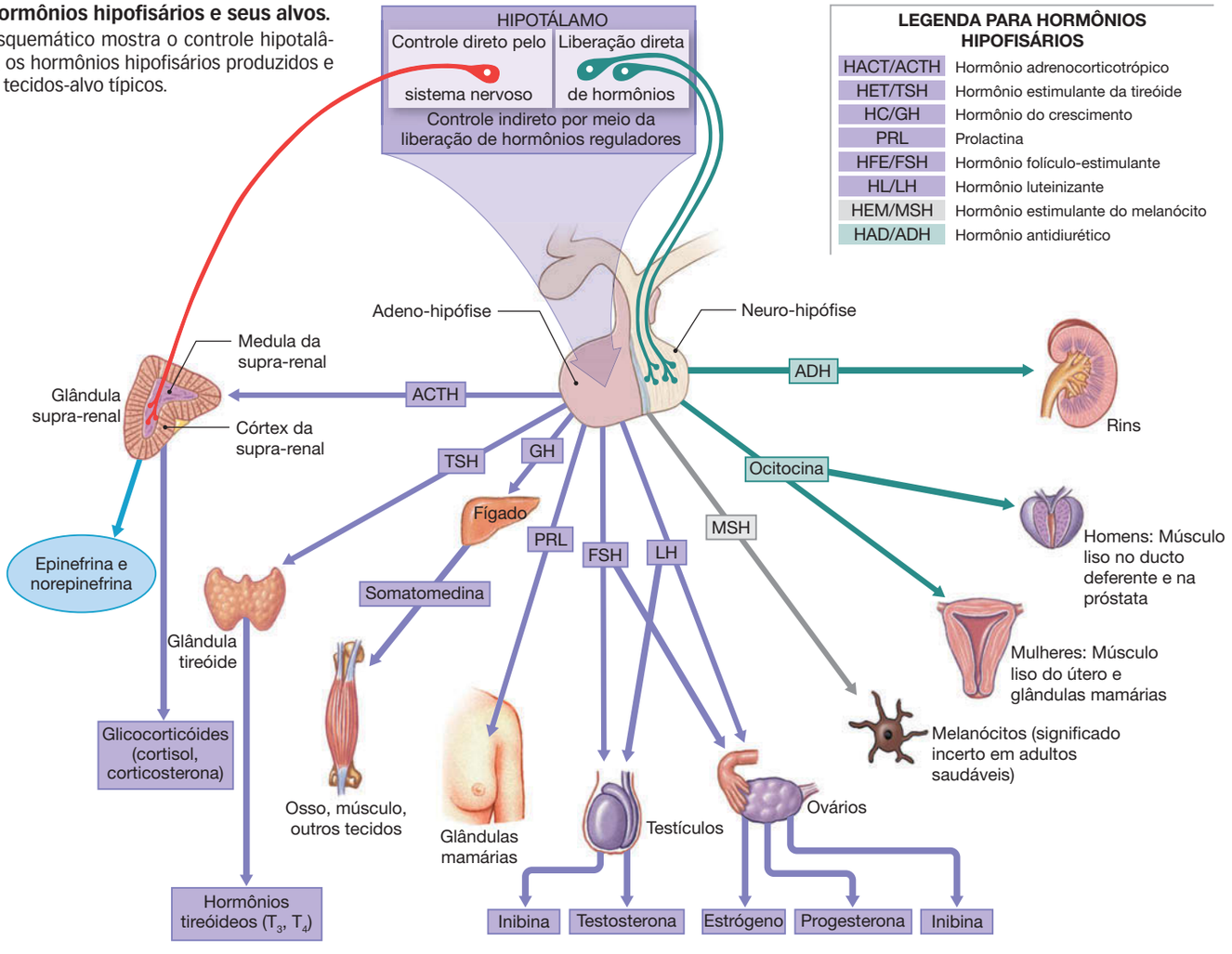


Figura 19.4 Hormônios hipofisários e seus alvos. Este diagrama esquemático mostra o controle hipotalâmico da hipófise, os hormônios hipofisários produzidos e as respostas dos tecidos-alvo típicos.

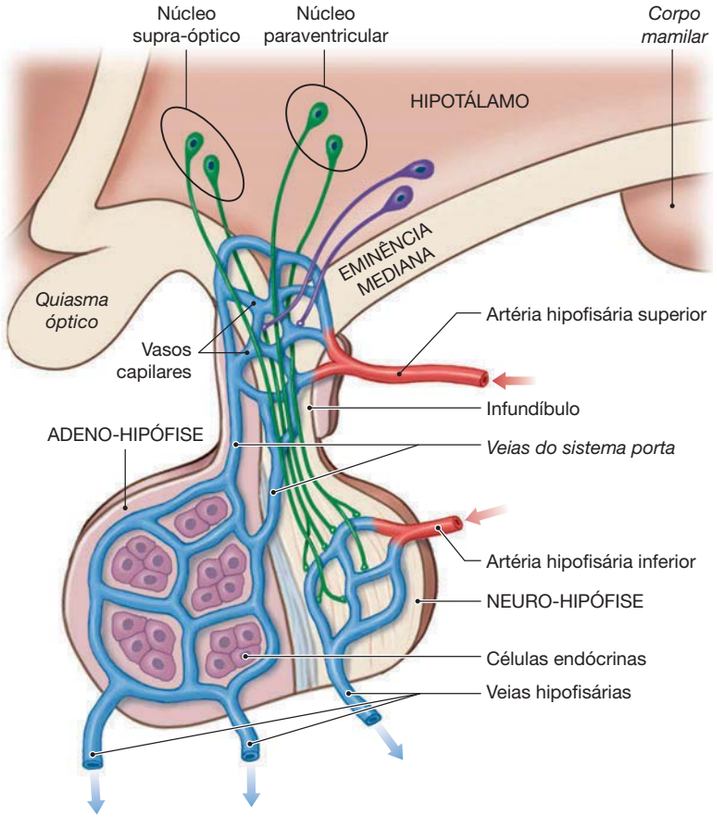


Figura 19.5 A hipófise e o sistema porta-hipofisial.
Este arranjo circulatório forma o sistema porta-hipofisial, o qual permite que os hormônios reguladores hipotalâmicos controlem a adeno-hipófise.

reguladores podem entrar facilmente na circulação porque os capilares apresentam espaços abertos entre as células endoteliais, o que lhes confere um aspecto de queijo suíço. Esses capilares são denominados **capilares fenestrados** (*fenestra*, janela), sendo encontrados somente em regiões onde moléculas relativamente grandes entram ou saem do sistema circulatório. Este *plexo capilar primário* no soalho da parte tuberal recebe sangue da **artéria hipofisária superior** (Figura 19.5).

Antes de deixar o hipotálamo, a rede capilar se une para formar uma série de vasos maiores que se espiralam ao redor do infundíbulo para atingir a adeno-hipófise. Uma vez no interior desse lobo, esses vasos formam um *plexo capilar secundário,* que se ramifica entre as células endócrinas (Figura 19.5). Esta organização vascular é incomum. Normalmente uma artéria transporta o sangue do coração até uma rede capilar e uma veia conduz o sangue de uma rede capilar de volta ao coração. Entretanto, os vasos entre o hipotálamo e a adeno-hipófise conduzem o sangue de uma rede capilar para outra rede capilar. Vasos sangüíneos que ligam duas redes capilares são denominados **vasos portais**, e o complexo todo é denominado **sistema porta**. Os sistemas porta oferecem um eficiente meio para a comunicação química, assegurando que todo o sangue que entra nos vasos portais atinja as células-alvo antes de retornar para a circulação geral. No entanto, a comunicação é estritamente unidirecional e qualquer substância química liberada pelas células no sentido do fluxo deverá completar a passagem por todo o sistema circulatório antes de atingir os capilares do início do sistema porta. Os vasos portais recebem a denominação de seus destinos, de modo que esta rede especial de vasos constitui o **sistema porta-hipofisial**.

Hormônios da adeno-hipófise [Figura 19.4 e Tabela 19.1]

A discussão deste capítulo será restrita aos sete hormônios cujas funções e mecanismos de controle são razoavelmente bem compreendidos. Todos esses hormônios, exceto um, são produzidos pela parte distal da adeno-hipófise, e cinco deles regulam a produção de hormônios por outras glândulas endócrinas. Esses hormônios são denominados *trópicos* (*tropos*, que se volta na direção de algo). Seus nomes indicam suas atividades; detalhes estão resumidos na Tabela 19.1 e na Figura 19.4.

1. O **hormônio estimulante da tireóide (TSH)** atua na glândula tireóide e deflagra a liberação dos hormônios tireóideos. O TSH é secretado por células chamadas *tireotrópicas.*
2. O **hormônio adrenocorticotrópico (ACTH)** estimula a liberação de hormônios esteróides pela glândula supra-renal. O ACTH atua especificamente sobre as células que sintetizam hormônios denominados **glicocorticóides (GC)** que atuam no metabolismo da glicose. As células que secretam ACTH são chamadas de *corticotrópicas.*
3. O **hormônio folículo-estimulante (FSH)** promove o desenvolvimento dos oócitos (gametas femininos) no interior dos ovários de mulheres que atingem o desenvolvimento sexual. O processo começa no interior de estruturas denominadas folículos; o FSH também estimula a produção de **estrógenos** pelas células foliculares. Os estrógenos, que são esteróides, são hormônios sexuais femininos; o *estradiol* é o estrógeno mais importante. Nos homens, a secreção de FSH é responsável pela manutenção da produção de espermatozóides nos testículos. As células que secretam FSH são denominadas *gonadotrópicas.*
4. O **hormônio luteinizante (LH)** induz a ovulação nas mulheres e promove a secreção ovárica de **progestinas**, hormônios esteróides que preparam o corpo para uma possível gravidez. A *progesterona* é a mais importante progestina. Nos homens, o LH estimula a produção dos hormônios sexuais masculinos, denominados **andrógenos** (*andros,* homem) pelas células intersticiais dos testículos. A *testosterona* é o andrógeno mais importante. Como regulam as atividades dos órgãos sexuais masculinos e femininos, o FSH e o LH são denominados **gonadotropinas**. Estes hormônios são produzidos por células denominadas *gonadotrópicas.*
5. A **prolactina** (*pro,* antes + *lacto,* leite) (**PRL**) estimula o desenvolvimento das glândulas mamárias e a produção de leite. A PRL exerce efeito predominante sobre as células glandulares, porém as glândulas

Nota clínica

Diabete insípido Existem várias formas diferentes de diabete, todas caracterizadas por excessiva produção de urina (poliúria). Embora o diabete possa ser causado por lesão física aos rins, a maioria das formas de diabete resulta de anomalias endócrinas. As duas formas mais importantes são: o *diabete insípido*, considerado nesta nota, e o *diabete melito*, que será abordado posteriormente.

O **diabete insípido** se desenvolve quando a neuro-hipófise, ou lobo posterior da hipófise, deixa de liberar quantidades adequadas de hormônio antidiurético (HAD). A conservação da água pelos rins fica comprometida e grandes quantidades de líquido passam a ser eliminadas na urina. Como resultado, indivíduos portadores de diabete insípido apresentam muita sede, porém os líquidos repostos não são retidos pelo corpo. Casos leves podem dispensar tratamento, desde que a ingestão de líquidos compense as perdas urinárias. Nos casos mais graves, as perdas de líquidos podem chegar a 10 litros por dia e, caso o tratamento adequado não seja instituído, a desidratação pode ser fatal. A administração de *spray* nasal de acetato de desmopressina (DDAVP), uma forma sintética de ADH, concentra a urina e reduz o volume urinário. Esse medicamento também é eficaz no tratamento da enurese noturna.

mamárias são reguladas pela interação de vários outros hormônios, incluindo o estrógeno, a progesterona, o hormônio do crescimento, os glicocorticóides e os hormônios produzidos pela placenta. As funções da prolactina nos homens são pouco compreendidas. A PRL é secretada por células denominadas *lactotrópicas.*

6. O **hormônio do crescimento (GH)**, também denominado *hormônio do crescimento humano* ou *somatotropina* (*soma,* corpo), estimula a divisão e o crescimento celular por meio da aceleração da velocidade de síntese de proteínas. O GH é secretado por células denominadas *somatotrópicas.* Embora virtualmente todo tecido responda em algum grau ao hormônio do crescimento, seu efeito é mais intensamente observável no desenvolvimento do esqueleto e dos músculos. As células hepáticas respondem ao GH sintetizando e liberando somatomedinas, que são hormônios peptídeos. As somatomedinas estimulam a síntese protéica e o crescimento das fibras musculares esqueléticas, células cartilagíneas e outras células-alvo. Crianças incapazes de produzir concentrações adequadas de hormônio do crescimento apresentam *insuficiência de crescimento hipofisário,* algumas vezes denominado *nanismo hipofisário.* O constante crescimento e a maturação que normalmente precedem e acompanham a puberdade não ocorrem nesses indivíduos.
7. O **hormônio estimulante do melanócito (MSH)** é o único hormônio produzido pela parte intermédia. Como o próprio nome indica, o MSH estimula os melanócitos da pele, aumentando sua velocidade de produção e a distribuição de melanina. O MSH é secretado por células *corticotrópicas* (também denominadas *células ACTH*) apenas durante o desenvolvimento fetal, em crianças jovens, em mulheres grávidas e em algumas doenças.

REVISÃO DOS CONCEITOS

1. Que região do encéfalo controla a produção de hormônios na hipófise?
2. O que é célula-alvo? Qual é a relação entre um hormônio e sua célula-alvo?
3. Identifique as duas regiões da hipófise e descreva como a liberação de hormônios é controlada para cada uma delas.

Veja a seção de Respostas na parte final do livro.

A glândula tireóide [Figura 19.6a]

A **glândula tireóide** curva-se sobre e cruza a superfície anterior da traquéia, inferiormente à **cartilagem tireóidea** ("em forma de escudo") que responde pela maior parte da superfície anterior da laringe (Figura 19.6a). Graças à sua localização, a glândula tireóide pode ser facilmente palpada; em casos de alterações, a glândula tireóide pode inclusive tornar-se proeminente. O tamanho da glândula tireóide é bastante variável em função de fatores hereditários, ambientais e nutricionais, porém seu peso médio é de aproximadamente 34 g. A glândula tem uma coloração vermelha escura por causa do grande número de vasos sangüíneos que suprem as células glandulares. O suprimento sangüíneo de cada lado advém de duas origens: (1) a *artéria tireóidea superior*, que é um ramo da artéria carótida externa, e (2) a *artéria tireóidea inferior*, um ramo do tronco tireocervical. A drenagem venosa da glândula é feita pela *veia tireóidea superior* e pelas *veias tireóideas médias,* que terminam nas veias jugulares internas, e pelas *veias tireóideas inferiores,* que conduzem o sangue para as veias braquiocefálicas.

A glândula tireóide apresenta um aspecto semelhante ao formato de uma borboleta e consiste em dois **lobos** principais. A porção superior de cada lobo estende-se sobre a superfície lateral da traquéia em direção à margem inferior da cartilagem tireóidea. Inferiormente, os lobos da glândula tireóide estendem-se até o nível da segunda ou terceira cartilagem traqueal. Os dois lobos são unidos por uma conexão delgada, o **istmo**. A glândula tireóide fixa-se à traquéia por uma fina cápsula que é contínua com os septos de tecido conectivo que segmentam o tecido glandular e envolvem os *folículos tireóideos.*

Folículos tireóideos e hormônios tireóideos [Figuras 19.6b,c e Tabela 19.2]

Os **folículos tireóideos** produzem, armazenam e secretam hormônios tireóideos. Os folículos individuais apresentam formato esférico e são tipicamente revestidos por um epitélio cubóide simples constituído por *tireócitos T* (também denominados células foliculares) (Figura 19.6b,c). O tipo de epitélio é determinado pela atividade glandular, variando desde o epitélio escamoso simples em uma glândula inativa até o epitélio colunar simples em uma glândula plenamente ativa. Os tireócitos T circundam a **cavidade do folículo**, que contém **colóide**, um líquido viscoso contendo grande quantidade de proteínas em suspensão. Uma rede capilar circunda cada folículo, fornecendo nutrientes e hormônios reguladores às células foliculares e recebendo suas secreções e restos metabólicos.

As células foliculares apresentam grande quantidade de mitocôndrias e de retículo endoplasmático rugoso (granular). Como seria de se esperar por esta descrição, essas células sintetizam proteínas ativamente. As células foliculares sintetizam uma proteína globular denominada **tireoglobulina**, que secretam para o interior do folículo. A tireoglobulina contém moléculas de tirosina, e alguns desses aminoácidos são modificados no interior do folículo, pela ligação com o iodo, formando os hormônios tireóideos. Os tireócitos T transportam íons iodo (I^-) ativamente do líquido intersticial para o interior do folículo. O iodo é convertido em uma forma ionizada especial (I^+) e ligado às moléculas de tirosina da tireoglobulina pela ação de enzimas na superfície luminar das células foliculares. Dois hormônios tireóideos – a **tireoxina**, também denominada **TX**, **T_4** ou tetra-iodotironina, e a **tri-iodotironina (T_3)** – são formados desse modo e, enquanto no colóide, eles permanecem como parte da estrutura da tireoglobulina. A tireóide é a única glândula endócrina que armazena produto hormonal em ambiente extracelular.

O principal fator que controla a velocidade de liberação do hormônio tireóideo é a concentração do hormônio estimulante da tireóide (TSH) no sangue circulante (Figura 19.7). Sob a influência do **hormônio liberador da tireotropina (TRH)**, produzido pelo hipotálamo, a adeno-hipófise libera TSH, e os tireócitos T respondem, removendo a tireoglobulina da luz dos folículos por endocitose; em seguida, os tireócitos T quebram a proteína por atividade lisossômica, o que libera as moléculas de T_3 e T_4. Estes hormônios, então, deixam a célula, principalmente por difusão, e entram na circulação. A tireoxina (T_4) responde por aproximadamente 90% do total da secreção da glândula tireóide. Os dois hormônios tireóideos, que apresentam efeitos complementares, aumentam a velocidade do metabolismo e o consumo de oxigênio em quase todas as células no corpo. Esses hormônios estão incluídos na Tabela 19.2.

Os tireócitos C da glândula tireóide [Figura 19.6c]

Um segundo tipo de células endócrinas, os **tireócitos C** ou *células parafoliculares,* situa-se entre as células foliculares cubóides da glândula tireóide. Embora em contato com a lâmina basal, essas células não atingem a superfície e não estão diretamente expostas à luz dos folículos. Os tireócitos C produzem o hormônio **calcitonina (CT)**. A calcitonina contribui para a regulação da concentração do íon cálcio nos líquidos corporais especialmente (1) durante a infância quando ela estimula o crescimento ósseo e a deposição de minerais no esqueleto e (2) sob estresse fisiológico como o jejum ou a gravidez. A calcitonina diminui as concentrações do íon cálcio por meio (1) da inibição dos osteoclastos e (2) da estimulação da excreção dos íons cálcio nos rins. As ações da calcitonina são opostas pelas ações do *hormônio da paratireóide,* produzido pelas glândulas paratireóides.

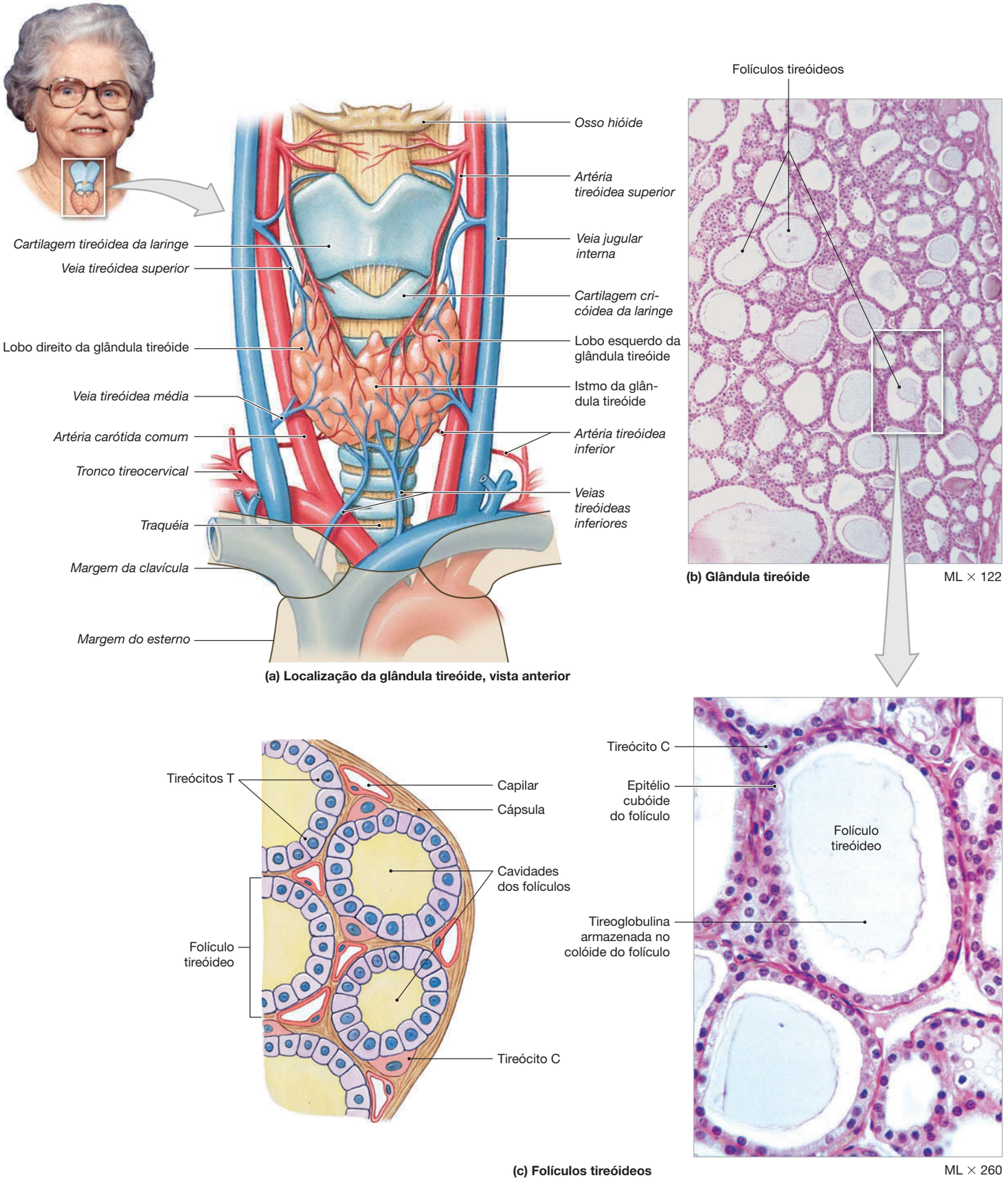


Figura 19.6 Anatomia e organização histológica da glândula tireóide.
(a) Localização e anatomia da glândula tireóide. **(b)** Organização histológica da glândula tireóide. **(c)** Detalhes histológicos da glândula tireóide mostrando folículos tireóideos e os dois tipos de células no epitélio folicular.

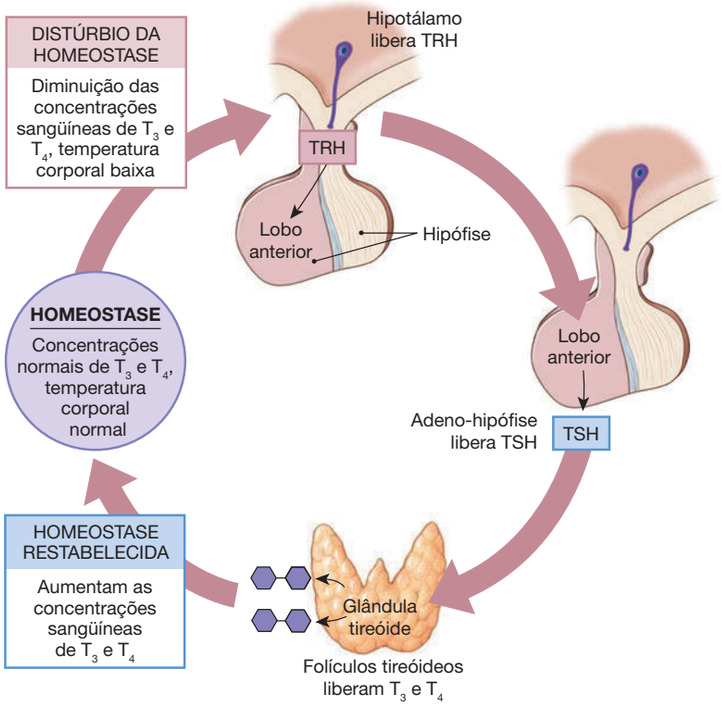


Figura 19.7 A regulação da secreção da glândula tireóide.
Este mecanismo de retroalimentação (*feedback*) negativa é responsável pelo controle homeostático da liberação do hormônio da tireóide. TRH = hormônio liberador da tireotropina; TSH = hormônio estimulante da tireóide.

As glândulas paratireóides

[Figuras 19.6a/19.8]

Existem tipicamente quatro **glândulas paratireóides**, de coloração castanha avermelhada e dimensões próximas às de uma ervilha, localizadas na superfície posterior da glândula tireóide (Figura 19.8a). Essas glândulas geralmente são fixas à superfície da glândula tireóide pela cápsula da tireóide. De modo semelhante à glândula tireóide, as paratireóides são circundadas por uma cápsula de tecido conectivo que invade o interior da glândula, formando divisórias e pequenos *lóbulos* irregulares. O suprimento sangüíneo para o par superior de glândulas paratireóides é dado pelas *artérias tireóideas superiores* e, para o par inferior, pelas *artérias tireóideas inferiores* (Figura 19.6a). A drenagem venosa é a mesma da glândula tireóide. Conjuntamente, as quatro glândulas paratireóides pesam 1,6 g.

Nas glândulas paratireóides existem dois tipos de células. As **células paratireóides** (também chamadas de **células principais**) (Figura 19.8b,c) são células glandulares que produzem o **hormônio paratireóideo (PTH)**; o outro tipo de células (*células oxifílicas e células transicionais*) é provavelmente constituído por células principais imaturas ou inativas. Como os tireócitos C da glândula tireóide, as células da paratireóide monitoram as concentrações de íons cálcio circulantes. Quando a concentração do cálcio está inferior aos níveis normais, as células paratireóides secretam o hormônio paratireóideo. O PTH estimula os osteoblastos e osteoclastos (embora os efeitos sobre os osteoclastos sejam predominantes) e reduz a excreção urinária de íons cálcio; também estimula a produção do *calcitriol*, um hormônio renal que promove a absorção intestinal de cálcio. Os níveis de PTH permanecem elevados até que as concentrações de Ca^{2+} retornem ao normal. O PTH mostrou-se efetivo na redução do avanço da osteoporose em idosos.

O timo [Figura 19.1 e Tabela 19.2]

O **timo** situa-se incrustrado em uma massa de tecido conectivo no interior da cavidade torácica, localizado em posição imediatamente posterior ao esterno (Figura 19.1, pág. 508). Em recém-nascidos e crianças pequenas, o timo é relativamente grande, muitas vezes se estendendo desde a base do pescoço até a margem superior do coração. Embora seu tamanho relativo diminua ao longo do desenvolvimento da criança, o timo continua a crescer lentamente, atingindo o seu tamanho máximo pouco antes da puberdade, com um peso de aproximadamente 40 g. Após a puberdade, o timo diminui gradualmente de tamanho e, aos 50 anos de idade, pode pesar menos de 12 g.

O timo produz vários hormônios importantes para o desenvolvimento e a manutenção das defesas imunológicas normais (Tabela 19.2).

Timosina foi o nome originalmente atribuído ao extrato tímico que promove o desenvolvimento e a maturação dos linfócitos, aumentando, desse modo, a eficiência do sistema imunológico. Desde então, a "timosina" é considerada como uma combinação de vários hormônios complementares diferentes (timosina-1, timopoietina, timopentina, timulina, fator humoral tímico e IGF-1).

Tem sido sugerido que as diminuições graduais no tamanho e na capacidade secretora do timo podem aumentar a suscetibilidade a doenças no envelhecimento. A organização histológica do timo e as funções das diversas "timosinas" serão discutidas posteriormente no Capítulo 23.

As glândulas supra-renais [Figura 19.9]

A **glândula supra-renal** (*supra,* acima + *renes,* rins), ou **glândula adrenal***, apresenta coloração amarela e formato piramidal, sendo firmemen-

* N. de R. T. Prefere-se o termo "supra-renal" a "adrenal" visto que o segundo se refere "à glândula ao lado do rim". Esta configuração é vista nos animais quadrúpedes, dada a posição anatômica diferente em relação ao homem.

TABELA 19.2 Hormônios da glândula tireóide, glândulas paratireóides e timo

Glândula/células	Hormônios	Alvos	Efeitos
TIREÓIDE			
Tireócitos T	Tireoxina (T_4) Tri-iodotironina (T_3)	A maioria das células	Aumenta a utilização de energia, o consumo de oxigênio, o crescimento e o desenvolvimento
Tireócitos C	Calcitonina (CT)	Ossos e rins	Diminui as concentrações do íon cálcio nos líquidos corporais; significado incerto em mulheres adultas não-gestantes saudáveis
PARATIREÓIDES			
Células paratireóides	Hormônio paratireóideo (PTH)	Ossos e rins	Aumenta as concentrações do íon cálcio nos líquidos corporais; aumenta a massa óssea
Timo	"Timosinas" *(ver Capítulo 23)*	Linfócitos	Maturação e competência funcional do sistema imunológico

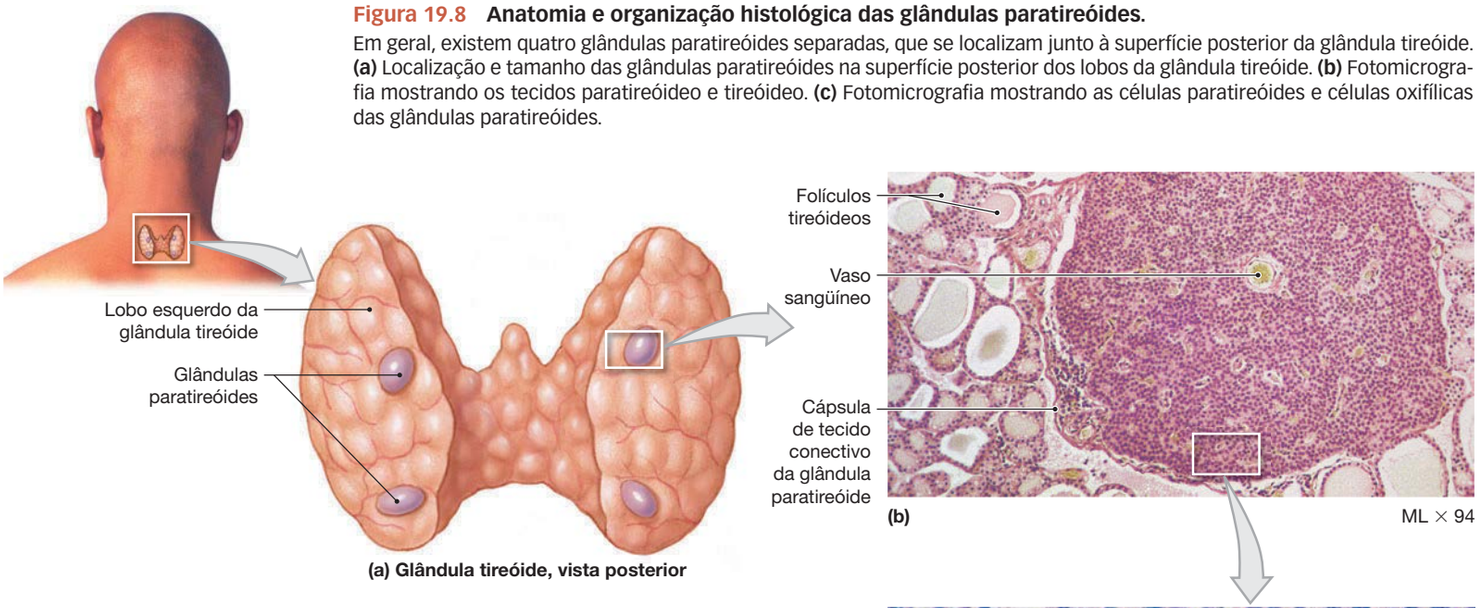


Figura 19.8 Anatomia e organização histológica das glândulas paratireóides.
Em geral, existem quatro glândulas paratireóides separadas, que se localizam junto à superfície posterior da glândula tireóide. **(a)** Localização e tamanho das glândulas paratireóides na superfície posterior dos lobos da glândula tireóide. **(b)** Fotomicrografia mostrando os tecidos paratireóideo e tireóideo. **(c)** Fotomicrografia mostrando as células paratireóides e células oxifílicas das glândulas paratireóides.

te fixa ao pólo superior de cada rim por uma densa **cápsula** fibrosa (Figura 19.9a). A glândula supra-renal abriga-se entre o rim, o diafragma e as principais artérias e veias que fazem trajeto ao longo da parede posterior da cavidade abdominopélvica. Essas glândulas são retroperitoneais, situando-se posteriormente ao revestimento peritoneal. De modo semelhante às outras glândulas endócrinas, as glândulas supra-renais são altamente vascularizadas. Ramos da *artéria renal, artéria frênica inferior* e um ramo direto da aorta (a *artéria supra-renal média*) suprem cada glândula supra-renal, enquanto as *veias supra-renais* realizam a sua drenagem.

Uma glândula supra-renal típica pesa cerca de 7,5 g. Ela é geralmente mais pesada no homem do que na mulher, mas o tamanho pode apresentar ampla variação em função da demanda secretora. Estrutural e funcionalmente, a glândula supra-renal pode ser dividida em duas regiões, um **córtex** superficial e uma **medula** profunda, cada uma secretando diferentes tipos de hormônios, mas ambas contribuindo para o controle do estresse (Figura 19.9b,c).

O córtex da glândula supra-renal

[Figura 19.9c e Tabela 19.3]

A coloração amarelada do córtex da glândula supra-renal se deve à presença de lipídeos armazenados, especialmente colesterol e vários ácidos graxos. O córtex produz mais de 20 hormônios esteróides diferentes, coletivamente denominados **esteróides adrenocorticais**, ou simplesmente **corticosteróides**. Esses hormônios são vitais; se as glândulas supra-renais são destruídas ou removidas, corticóides devem ser administrados para evitar a morte. Os corticosteróides exercem seus efeitos nas operações metabólicas, determinando os genes a serem transcritos e a velocidade dessa transcrição em suas células-alvo.

Profundamente à cápsula existem três regiões ou *zonas* distintas no córtex: (1) uma *zona glomerulosa,* mais externa; (2) uma *zona fasciculada,* média, e (3) uma *zona reticular,* interna (Figura 19.9c). Embora cada zona sintetize hormônios esteróides diferentes (Tabela 19.3), todas as células corticais apresentam um extenso RE liso (agranular) para a produção de esteróides a partir de lipídeos. Essa característica determina um contraste marcante com as células glandulares secretoras de proteínas, como as da adeno-hipófise ou da glândula tireóide, que tipicamente apresentam um extenso RE rugoso (granular).

A zona glomerulosa [Figura 19.9c]

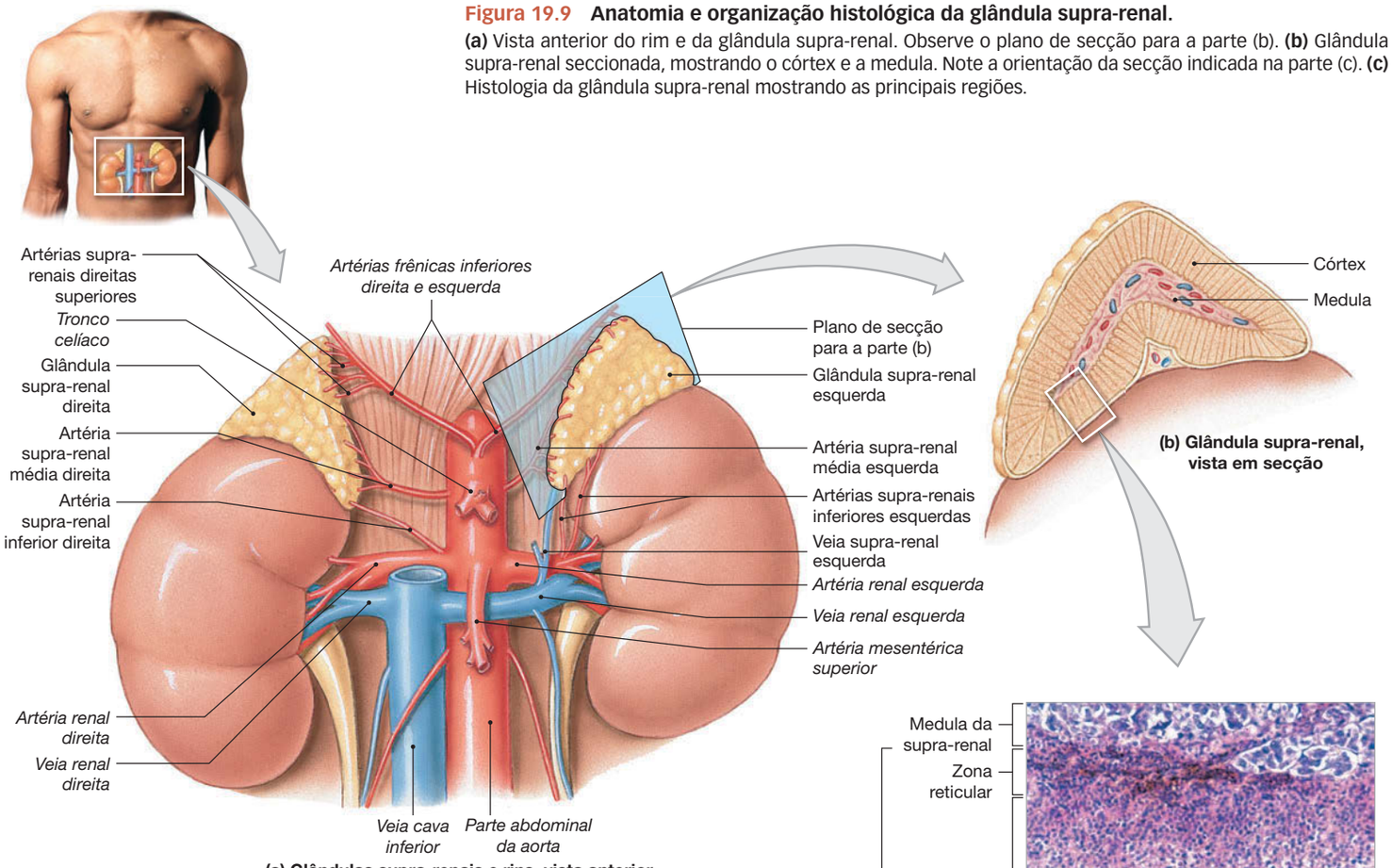
A **zona glomerulosa**, a região cortical mais externa, responde por cerca de 15% do volume cortical (Figura 19.9c). Essa região se estende desde a cápsula até os cordões radiados da zona fasciculada subjacente. Um *glomérulo* é um pequeno aglomerado esférico, onde as células endócrinas formam agrupamentos firmemente compactados.

A zona glomerulosa produz **mineralocorticóides (MC)**, hormônios esteróides que interferem na composição dos eletrólitos dos líquidos corporais. A **aldosterona** é o principal mineralocorticóide, tendo como alvo as células renais que regulam a composição iônica da urina. A aldosterona propicia a retenção de íons sódio (Na^+) e de água, reduzindo, desse modo, as perdas de líquidos pela urina. A aldosterona também reduz as perdas de sódio e água nas glândulas sudoríferas e salivares, assim como ao longo do trato digestório. Também promove a perda de íons potássio (K^+) pela urina, bem como por outros meios. A secreção de aldosterona ocorre quando a zona glomerulosa é estimulada pela redução dos níveis sangüíneos de Na^+, pelo aumento dos níveis sangüíneos de K^+, ou pela liberação do hormônio *angiotensina II* (*angeion*, vaso + *teinein*, tensionar).

A zona fasciculada [Figura 19.9c]

A **zona fasciculada** (*fasciculus*, pequeno feixe) começa na margem mais interna da zona glomerulosa, se estende em direção à medula (Figura 19.9c) e representa aproximadamente 78% do volume cortical. As células são maiores e contêm maior quantidade de lipídeos em relação àquelas da zona glomerulosa; as gotículas de lipídeos conferem ao citoplasma uma aparência espumosa e pálida. As células da zona fasciculada formam cor-

Figura 19.9 Anatomia e organização histológica da glândula supra-renal.
(a) Vista anterior do rim e da glândula supra-renal. Observe o plano de secção para a parte (b). **(b)** Glândula supra-renal seccionada, mostrando o córtex e a medula. Note a orientação da secção indicada na parte (c). **(c)** Histologia da glândula supra-renal mostrando as principais regiões.



dões que se irradiam em direção à zona reticular, de modo comparável aos raios do sol. Os cordões adjacentes são separados por vasos achatados com paredes fenestradas.

A produção de esteróides na zona fasciculada é estimulada pelo ACTH, produzido pela adeno-hipófise. Essa zona produz hormônios esteróides coletivamente conhecidos como *glicocorticóides (GC)* em função de seus efeitos no metabolismo da glicose. O **cortisol** (também denominado *hidrocortisona*) e a **corticosterona** são os mais importantes glicocorticóides secretados pelo córtex da glândula supra-renal; o fígado converte parte do cortisol circulante em **cortisona**, outro glicocorticóide ativo. Esses hormônios aceleram a velocidade de síntese da glicose e da formação do glicogênio, especialmente no interior do fígado.

A zona reticular [Figura 19.9c]

A **zona reticular** (*reticulum*, rede) forma uma faixa estreita entre a zona fasciculada e a margem mais externa da medula da glândula supra-renal (Figura 19.9c). As células da zona reticular são muito menores em relação às células da medula, o que facilita a diferenciação dos seus limites. No total, a zona reticular responde por apenas aproximadamente 7% do volume celular do córtex da supra-renal. As células endócrinas da zona reticular formam uma rede pregueada e ramificada com intenso suprimento capilar. A zona reticular normalmente secreta pequena quantidade de hormônios sexuais, denominados *andrógenos*. Os andrógenos produzidos pelas glândulas supra-renais estimulam o desenvolvimento de pêlos pubianos, tanto nos meninos quanto nas meninas, antes da puberdade. Embora não apresentem funções importantes nos homens adultos, cujos testículos produzem andrógenos em quantidades relativamente grandes, nas mulheres adultas os andrógenos produzidos nas glândulas supra-renais estimulam a formação de células sangüíneas, promovem o desenvolvimento da massa muscular e mantêm a libido.

A medula da glândula supra-renal

[Figura 19.9b,c e Tabela 19.3]

O limite entre o córtex e a medula da supra-renal não constitui uma linha reta (Figura 19.9b,c), e os tecidos conectivos de sustentação e vasos sangüíneos são extensivamente interligados. A medula apresenta uma coloração castanha avermelhada, em parte por causa dos numerosos vasos sangüíneos situados nesta região. As **cromafinas** ou **feocromócitos** são células arre-

dondadas e grandes da medula, semelhantes aos neurônios dos gânglios simpáticos. Essas células são inervadas por fibras pré-ganglionares simpáticas; a ativação simpática fornecida pelos nervos esplâncnicos deflagra a atividade secretora desses neurônios ganglionares modificados. pág. 458

A medula da supra-renal contém duas populações de células endócrinas – uma delas secreta epinefrina (adrenalina), enquanto a outra, norepinefrina (noradrenalina). A medula secreta aproximadamente uma quantidade de epinefrina três vezes maior em relação à quantidade de norepinefrina. pág. 458 Sua secreção deflagra a utilização da energia celular e a mobilização de reservas energéticas. Esta combinação aumenta a força e a resistência muscular (Tabela 19.3). As modificações metabólicas que se seguem à liberação de catecolaminas atingem seu pico 30 segundos após a estimulação da glândula supra-renal e permanecem por vários minutos. Como resultado, os efeitos produzidos pelo estímulo da medula da supra-renal excedem em duração os outros sinais de ativação simpática.

REVISÃO DOS CONCEITOS

1. Quando a glândula tireóide de um indivíduo é removida, os sinais de diminuição da concentração do hormônio da tireóide não se manifestam antes de uma semana. Por quê?
2. A remoção das glândulas paratireóides deveria resultar na diminuição de que mineral importante no sangue?
3. Uma alteração na glândula supra-renal de Guilherme evita que ele retenha íon sódio em seus líquidos corporais. Que região dessa glândula está afetada e qual hormônio está deficiente?

Veja a seção de Respostas na parte final do livro.

Funções endócrinas dos rins e do coração

Os rins e o coração produzem vários hormônios, e a maioria deles está envolvida com a regulação da pressão e do volume sangüíneos. Os rins produzem *renina*, uma enzima (freqüentemente considerada como um hormônio), e dois hormônios: a *eritropoetina*, um peptídeo, e o *calcitriol*, um esteróide. Uma vez na circulação, a renina converte o **angiotensinogênio** circulante, uma proteína inativa produzida pelo fígado, em **angiotensina I**. Nos capilares pulmonares, este composto é convertido em **angiotensina II**, um hormônio que estimula a secreção de aldosterona pelo córtex da supra-renal. A **eritropoetina** (**EPO**) estimula a produção de glóbulos vermelhos pela medula óssea. Esse hormônio é liberado quando ocorre a diminuição da pressão sangüínea ou dos níveis de oxigênio nos rins. A EPO estimula a produção e maturação dos glóbulos vermelhos, aumentando, dessa forma, o volume sangüíneo e sua capacidade de transportar oxigênio.

O **calcitriol** é um hormônio esteróide secretado pelo rim em resposta à presença de hormônio paratireóideo (PTH). A síntese do calcitriol depende da disponibilidade de um esteróide correlato, o *colecalciferol* (vitamina D_3), que pode ser sintetizado na pele ou absorvido a partir dos alimentos. Independentemente de sua fonte produtora, o colecalciferol é absorvido da corrente sangüínea pelo fígado e convertido em um produto intermediário que é liberado na circulação e absorvido pelos rins para conversão em calcitriol. O termo *vitamina D* é usado para indicar todo o grupo de esteróides correlatos, incluindo calcitriol, colecalciferol e vários intermediários.

A função mais conhecida do calcitriol é o estímulo de absorção dos íons cálcio e fosfato no trato digestório. O PTH estimula a liberação do calcitriol e, dessa forma, exerce um efeito indireto na absorção intestinal do cálcio. Os efeitos do calcitriol no sistema esquelético e nos rins não são totalmente conhecidos.

As células musculares cardíacas produzem o **peptídeo natriurético atrial (ANP)** e o **peptídeo natriurético encefálico (BNP)** em resposta ao aumento da pressão ou do volume sangüíneo. O ANP e o BNP suprimem a liberação de ADH e aldosterona e estimulam a perda de água e íons sódio nos rins. Estes efeitos produzem a redução gradual da pressão e do volume sangüíneos.

O pâncreas e outros tecidos endócrinos do sistema digestório

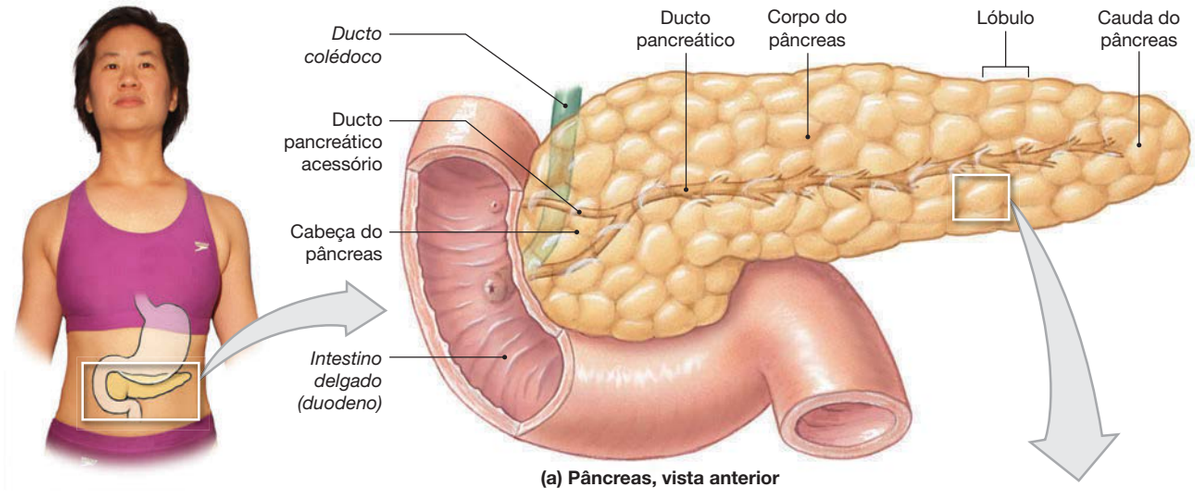
O pâncreas, o revestimento do trato digestório e o fígado produzem várias secreções exócrinas essenciais para a digestão normal dos alimentos. Embora o ritmo das atividades digestivas sofra interferências do sistema nervoso autônomo, a maioria dos processos digestivos é controlada localmente pelos próprios órgãos. Os vários órgãos digestórios comunicam-se entre si por meio de hormônios descritos no Capítulo 25. A presente discussão focaliza sua atenção sobre um órgão digestório, o pâncreas, que produz hormônios cuja atuação interfere nas operações metabólicas em todo o corpo.

O pâncreas [Figura 19.10 e Tabela 19.4]

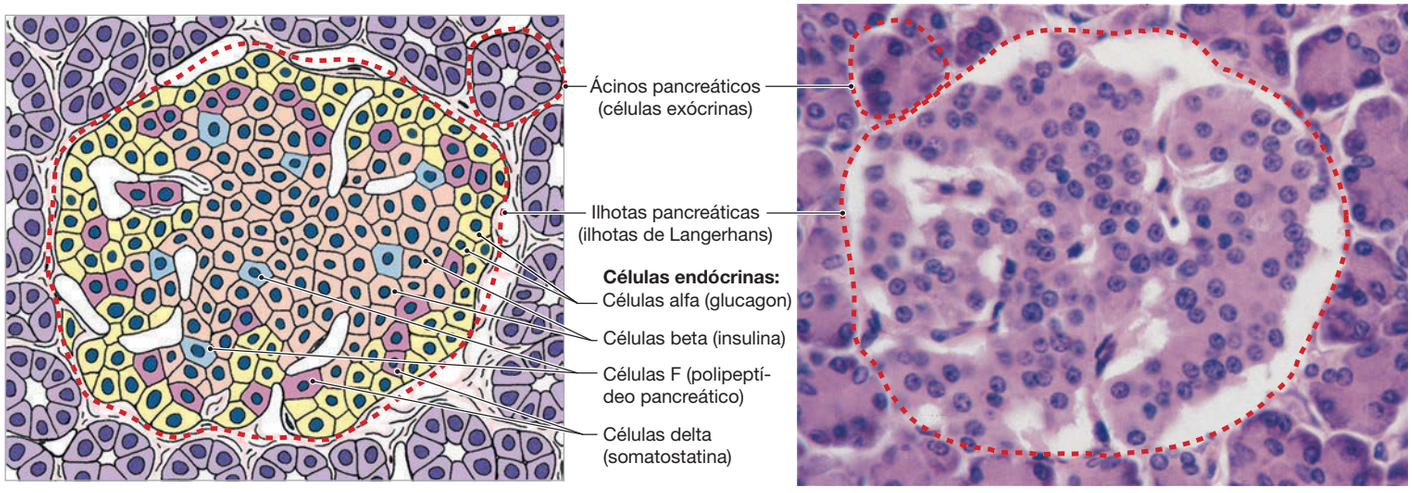
O **pâncreas** é uma glândula mista, apresentando atividades exócrina e endócrina. Situa-se na cavidade abdominal, na curva em forma de J entre o estômago e o duodeno (Figura 19.10a). É um órgão rosado, delgado e de consistência nodular ou granulosa. O pâncreas adulto varia de 20 a 25 cm de comprimento e pesa em torno de 80 g. O Capítulo 25 descreve detalhadamente a anatomia do pâncreas, pois o **pâncreas exócrino** é responsável por aproximadamente 99% do volume pancreático e produz grandes quantidades de suco digestivo, rico em enzimas, que entra no trato digestório através de um calibroso ducto secretor.

TABELA 19.3 Hormônios das glândulas supra-renais

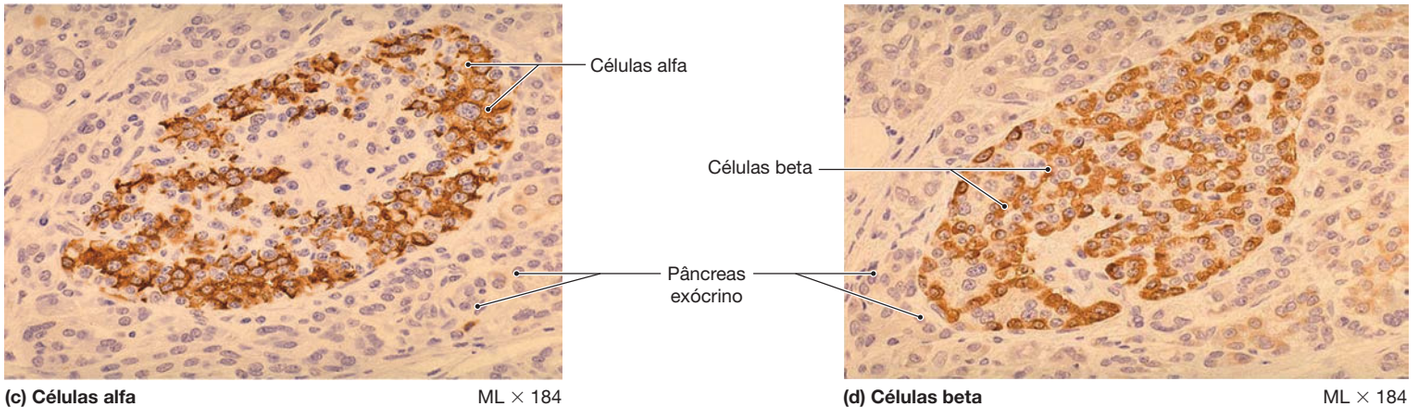
Região/zona	Hormônios	Alvos	Efeitos
CÓRTEX			
Zona glomerulosa	Mineralocorticóides (MC), principalmente aldosterona	Rins	Aumentam a reabsorção de íons sódio e água nos rins (especialmente na presença de ADH) e aceleram a eliminação urinária de íons potássio
Zona fasciculada	Glicocorticóides (GC): cortisol (hidrocortisona), corticosterona; cortisol convertido em cortisona e liberado pelo fígado	A maioria das células	Liberam aminoácidos dos músculos esqueléticos; lipídeos do tecido adiposo; promovem a formação de glicogênio e glicose hepáticos; promovem a utilização periférica de lipídeos (na escassez de glicose); efeitos antiinflamatórios.
Zona reticular	Andrógenos		Significado incerto em condições normais
MEDULA	Adrenalina (epinefrina), noradrenalina (norepinefrina)	A maioria das células	Aumento da freqüência cardíaca, da pressão arterial, da glicogenólise e da glicemia; liberação de lipídeos pelo tecido adiposo (*ver Capítulo 17*)



(a) Pâncreas, vista anterior



(b) Ilhotas pancreáticas ML × 400



(c) Células alfa ML × 184 **(d) Células beta** ML × 184

Figura 19.10 Anatomia e organização histológica do pâncreas.
Neste órgão, predominam células exócrinas contendo agregados de células endócrinas conhecidos como ilhotas pancreáticas. **(a)** Anatomia macroscópica do pâncreas. **(b)** Histologia geral das ilhotas pancreáticas. **(c)** e **(d)** Técnicas histológicas especiais de coloração podem ser utilizadas para diferenciar células alfa (c) de células beta (d) nas ilhotas pancreáticas.

O **pâncreas endócrino** consiste em pequenos grupos de células esparsas na referida glândula, sendo que cada grupo é circundado por células exócrinas. Os grupos, conhecidos como **ilhotas pancreáticas**, ou *ilhotas de Langerhans,* correspondem a apenas 1% da população das células pancreáticas (**Figura 19.10b**). Não obstante, existem aproximadamente 2 milhões de ilhotas no pâncreas normal.

Como outros tecidos endócrinos, as ilhotas são circundadas por extensas redes de vasos capilares fenestrados que transportam seus hormônios para a circulação. Dois grupos de artérias principais suprem o pâncreas: as *artérias pancreaticoduodenais* e as *artérias pancreáticas.* O sangue venoso retorna para a *veia porta do fígado.* (As circulações arterial e venosa para os principais órgãos serão consideradas no Capítulo

Nota clínica

Diabete melito O **diabete melito** (*mellitum,* mel) é caracterizado pela presença de concentrações sangüíneas de glicose suficientemente elevadas para ultrapassar a capacidade de reabsorção dos rins. (A presença de níveis de glicose anormalmente elevados no sangue é denominada *hiperglicemia.*) A glicose aparece na urina (*glicosúria),* e a eliminação de urina se torna excessiva (*poliúria*).

O diabete melito pode ser causado por anomalias genéticas, e alguns dos genes envolvidos já foram identificados. Mutações que resultam na produção inadequada de insulina, na síntese de moléculas anômalas de insulina, ou na produção de proteínas receptoras defeituosas causam sintomas semelhantes. Nessas condições, a obesidade acelera o início e a gravidade da doença. O diabete melito também pode resultar de outras condições patológicas, lesões, doenças imunológicas ou desequilíbrios hormonais. Existem dois tipos principais de diabete melito: **diabete insulino-dependente (tipo 1)** e **diabete não-insulino-dependente (tipo 2).** O diabete tipo 1 pode ser controlado por meio da administração de insulina injetável ou da infusão por bomba de insulina, com resultados variáveis. Restrições nutricionais são mais eficazes no tratamento do diabete tipo 2.

Provavelmente devido à impossibilidade de estabilização adequada dos níveis de glicose no sangue, indivíduos com diabete melito desenvolvem problemas médicos crônicos apesar dos tratamentos adotados. Esses problemas se manifestam porque os tecidos envolvidos passam por um colapso de energia – essencialmente, a maioria dos tecidos responde como se estivesse submetida a condições impostas por uma inanição crônica, quebrando lipídeos ou mesmo proteínas, uma vez que são incapazes de absorver glicose do meio circundante. Entre os exemplos mais comuns das alterações relacionadas ao diabete, estão os seguintes:

- A proliferação dos capilares e a hemorragia na retina podem causar cegueira total ou parcial, condição chamada de *retinopatia diabética.*
- Ocorrem modificações na transparência da lente do olho, produzindo catarata.
- Pequenas hemorragias e inflamações nos rins causam alterações degenerativas que podem levar à insuficiência renal, condição denominada *nefropatia diabética*, causa principal de insuficiência renal. O tratamento com drogas que melhoram o fluxo sangüíneo renal pode conter a progressão para insuficiência renal.
- Vários problemas neurológicos podem se manifestar, incluindo neuropatias periféricas e anomalias da função autônoma. Estas alterações, coletivamente denominadas *neuropatias diabéticas*, são provavelmente relacionadas a distúrbios no suprimento sangüíneo aos tecidos nervosos. pág. 465
- Alterações degenerativas na circulação cardíaca podem levar à ocorrência de infartos precoces. Para um determinado grupo etário, a incidência de infartos do miocárdio é de 3 a 5 vezes maior em indivíduos diabéticos em comparação com não-diabéticos.
- Outras alterações no sistema circulatório podem interferir no fluxo sangüíneo normal para as porções distais dos membros. Por exemplo, uma redução do fluxo sangüíneo para os pés pode levar à morte dos tecidos, ulceração, infecção e perda de dedos ou de uma parte maior de um ou ambos os pés.

22.) As ilhotas são inervadas pelo sistema nervoso autônomo, por meio de ramos do *plexo celíaco.* pág. 456

Cada ilhota contém quatro tipos principais de células:

1. As **células alfa** produzem o hormônio **glucagon,** que eleva os níveis de glicose no sangue, por meio do aumento da velocidade de quebra do glicogênio e da liberação de glicose pelo fígado (**Figura 19.10b**).
2. As **células beta** produzem o hormônio **insulina**, que diminui os níveis de glicose no sangue por meio do aumento da velocidade de absorção e utilização da glicose pela maioria das células corporais.
3. As **células delta** produzem o hormônio **somatostatina** (*hormônio inibidor do hormônio do crescimento)*, que inibe a produção e a secreção de insulina e glucagon e diminui as velocidades de absorção dos alimentos e da secreção de enzimas no trato digestório.
4. As **células F** produzem o hormônio **polipeptídeo pancreático (PP)**, que inibe as contrações da vesícula biliar e regula a produção de algumas enzimas pancreáticas; pode auxiliar no controle da velocidade de absorção de nutrientes pelo trato digestório.

As células alfa e beta são sensíveis às concentrações de glicose no sangue, e suas atividades reguladoras não estão sob o controle direto de outros componentes endócrinos ou nervosos. Entretanto, como as células das ilhotas são extremamente sensíveis a variações dos níveis sangüíneos de glicose, qualquer hormônio que altere a concentração de glicose no sangue indiretamente afetará a produção de insulina e glucagon. Os principais hormônios do pâncreas estão resumidos na Tabela 19.4.

Tecidos endócrinos do sistema genital

Os tecidos endócrinos do sistema genital estão restritos primordialmente às gônadas masculina e feminina – os testículos e os ovários, respectivamente. A anatomia dos órgãos genitais será descrita no Capítulo 27.

Testículos [Tabela 19.5]

No homem, as **células intersticiais** dos testículos produzem os andrógenos. O andrógeno mais importante é a **testosterona**. Este hormônio promove a produção de espermatozóides funcionais, mantém as glândulas secretoras do trato genital masculino, influencia as características sexuais secundárias e estimula o crescimento muscular (Tabela 19.5). Durante o desenvolvimento embrionário, a produção de testosterona atua no desenvolvimento anatômico dos núcleos hipotalâmicos do SNC.

As **células de Sertoli** (também denominadas **células de sustentação**) estão diretamente associadas à formação de espermatozóides funcionais e secretam um hormônio adicional denominado **inibina**. A produção de inibina, que ocorre sob o estímulo oferecido pelo FSH, inibe a secreção do FSH pela adeno-hipófise. Ao longo da vida, esses dois hormônios interagem para manter a produção de espermatozóides em níveis normais.

Ovários [Tabela 19.5]

Nos ovários, os oócitos iniciam sua maturação para se tornar gametas femininos (células sexuais) no interior de estruturas especializadas deno-

TABELA 19.4 Hormônios do pâncreas

Estrutura/células	Hormônios	Alvos primários	Efeitos
ILHOTAS PANCREÁTICAS			
Células alfa	Glucagon	Fígado, tecido adiposo	Mobilização de reservas lipídicas; síntese de glicose e quebra de glicogênio no fígado; elevação da concentração de glicose no sangue
Células beta	Insulina	Todas as células exceto aquelas do encéfalo, rins, epitélio do trato digestório e eritrócitos	Facilitação da absorção de glicose pelas células; estimulação da síntese e armazenamento de lipídeos e glicogênio; diminuição da concentração de glicose no sangue
Células delta	Somatostatina	Células alfa e beta, epitélio do trato digestório	Inibição da secreção de insulina e glucagon
Células F	Polipeptídeo pancreático (PP)	Vesícula biliar e pâncreas, possivelmente o trato gastrintestinal	Inibe as contrações da vesícula biliar; regula a produção de algumas enzimas pancreáticas; pode controlar a absorção de nutrientes

TABELA 19.5 Hormônios do sistema genital

Estrutura/células	Hormônios	Alvos primários	Efeitos
TESTÍCULOS			
Células intersticiais	Andrógenos	A maioria das células	Manutenção da maturação funcional dos espermatozóides; síntese protéica nos músculos esqueléticos; características sexuais secundárias masculinas e comportamentos associados
Células de Sertoli	Inibina	Adeno-hipófise	Inibe a secreção do FSH
OVÁRIOS			
Células foliculares	Estrógenos (especialmente estradiol)	A maioria das células	Manutenção da maturação folicular; características sexuais secundárias femininas e comportamentos associados
	Inibina	Adeno-hipófise	Inibe a secreção do FSH
Corpo lúteo	Progestinas (especialmente progesterona)	Útero, glândulas mamárias	Prepara o útero para a implantação; prepara as glândulas mamárias para atividade secretora
	Relaxina	Sínfise púbica, útero e glândulas mamárias	Afrouxa a sínfise púbica; relaxa os músculos uterinos (do colo do útero); estimula o desenvolvimento das glândulas mamárias

minadas **folículos ováricos**. O processo de maturação é iniciado em resposta ao estímulo pelo FSH. As células foliculares que circundam o oócito produzem estrógenos, especialmente o **estradiol**. Este hormônio esteróide sustenta a maturação dos oócitos e estimula o crescimento do revestimento uterino (Tabela 19.5). Sob o estímulo do FSH, os folículos ativos secretam inibina, que suprime a liberação do FSH por um mecanismo de retroalimentação (*feedback*) comparável ao descrito para os homens.

Após a ovulação, as células foliculares remanescentes se reorganizam no **corpo lúteo**, que libera uma mistura de estrógenos e progestinas, especialmente a **progesterona**. A progesterona acelera o movimento do oócito ao longo da tuba uterina e prepara o útero para a chegada do embrião em desenvolvimento. Um resumo das informações sobre os hormônios sexuais pode ser encontrado na Tabela 19.5.

A glândula pineal [Figura 19.1]

A **glândula pineal**, ou "*epífise do cérebro*" (Figura 19.1, pág. 508), pequena, de coloração avermelhada e formato semelhante ao de uma pinha, é parte do epitálamo. pág. 405 A glândula pineal contém neurônios, células da glia e células secretoras especiais denominadas **pinealócitos**. Os pinealócitos sintetizam o hormônio **melatonina**, derivado de moléculas da *serotonina*, um neurotransmissor. A melatonina retarda o processo de maturação dos espermatozóides, de oócitos e órgãos genitais pela inibição da produção de um fator liberador hipotalâmico que estimula a secreção de FSH e LH. Fibras nervosas colaterais das vias visuais atingem a glândula pineal e interferem na velocidade de produção de melatonina. A produção de melatonina aumenta à noite e diminui durante o dia. Este ciclo é aparentemente importante na regulação do *ritmo circadiano*, o ciclo natural de sono e vigília. pág. 405-408 Esse hormônio é também um poderoso antioxidante que pode contribuir para a proteção do tecido nervoso contra a ação de toxinas produzidas por neurônios ativos e células da glia.

Resumo de embriologia

Para um resumo do desenvolvimento do sistema endócrino, consulte o Capítulo 28 (Embriologia e Desenvolvimento Humano).

Hormônios e envelhecimento

O sistema endócrino apresenta poucas alterações funcionais com o avanço da idade. As exceções mais evidentes são (1) as alterações nos níveis de

Nota clínica

Doenças endócrinas Doenças endócrinas podem se desenvolver a partir de causas variadas, incluindo anomalias das glândulas endócrinas, dos mecanismos reguladores endócrinos e neurais ou dos tecidos-alvo. Por exemplo, o nível sangüíneo de um hormônio pode aumentar na eventualidade de seus órgãos-alvo estarem menos responsivos, devido à formação de um tumor entre as células glandulares, ou a qualquer fator de interferência no mecanismo de retroalimentação (*feedback*) normal. Clinicamente, as doenças endócrinas são designadas por termos que incluem o prefixo *hiper* para descrever uma produção hormonal excessiva e o prefixo *hipo* para fazer referência à produção de quantidades insuficientes do hormônio em questão.

A maioria das doenças endócrinas resulta de alterações da própria glândula endócrina. O efeito típico é a hipossecreção, produção de níveis insuficientes de um hormônio em particular. A hipossecreção pode ser causada por:

- **Fatores metabólicos:** A hipossecreção pode resultar da deficiência de algum substrato fundamental necessário para sintetizar o hormônio em questão. Por exemplo, o hipotireoidismo pode ser causado por níveis inadequados de iodo na dieta ou pela exposição a drogas que inibem o transporte ou a utilização do iodo pela glândula tireóide.
- **Lesão física:** Qualquer condição que interrompa o suprimento circulatório normal, ou que danifique fisicamente as células endócrinas, pode causar sua inativação imediata ou logo após um pico de liberação de hormônio. Se a lesão for grave, a glândula pode tornar-se permanentemente inativa. Por exemplo, um hipotireoidismo temporário ou permanente pode resultar da infecção ou inflamação da glândula (tireoidite), da interrupção do seu suprimento sangüíneo normal, ou em decorrência dos tratamentos para cânceres na própria glândula tireóide ou nos tecidos adjacentes. A glândula tireóide também pode ser lesada por uma doença auto-imune que causa a produção de anticorpos que atacam e destroem as células foliculares normais.
- **Doenças congênitas:** Um indivíduo pode ser incapaz de produzir quantidades normais de um determinado hormônio porque (1) a glândula em si é muito pequena, (2) as enzimas necessárias são anômalas, (3) há uma redução da sensibilidade dos receptores que desencadeiam a secreção, ou (4) as células glandulares não apresentam os receptores normalmente envolvidos no estímulo da atividade secretora.

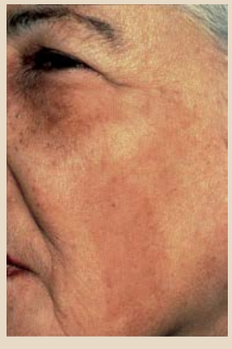
Alterações endócrinas também podem ser causadas pela presença de receptores anômalos nos tecidos-alvo. Neste caso, a glândula envolvida e os mecanismos reguladores estão normais, porém as células periféricas são incapazes de responder ao hormônio circulante. O melhor exemplo deste tipo de alteração é o diabete tipo 2, no qual as células periféricas não respondem normalmente à insulina.

Muitas dessas doenças produzem características anatômicas específicas ou anomalias evidentes ao exame físico (Figura 19.11 e Tabela 19.6).

(**a**) A *acromegalia* resulta de uma produção excessiva de hormônio do crescimento após a fusão da placa epifisial. A forma dos ossos é alterada e as áreas cartilagíneas do esqueleto crescem além do normal. Note as características faciais largas e o crescimento da mandíbula.

(**b**) O *cretinismo* resulta da insuficiência do hormônio tireóideo na infância.

(**c**) Uma glândula tireóide aumentada ou *bócio* está geralmente associada à secreção diminuída da glândula tireóide em função de deficiência nutricional de iodo.



(**d**) A *doença de Addison* é causada pela secreção diminuída de corticosteróides, especialmente glicocorticóides. Alterações pigmentares resultam da estimulação de melanócitos pelo ACTH, que é estruturalmente semelhante ao MSH.

(**e**) A *doença de Cushing* é causada pela hipersecreção de glicocorticóides. Reservas lipídicas são mobilizadas e o tecido adiposo se acumula nas bochechas e na base do pescoço.

Figura 19.11 Anormalidades endócrinas. Exemplos típicos de características de doenças endócrinas específicas.

Nota clínica (*continuação*)

TABELA 19.6 Implicações clínicas das disfunções endócrinas

Hormônio	Síndrome hiperfuncional	Principais sintomas	Síndrome hipofuncional	Principais sintomas
Hormônio do crescimento (GH)	Deficiência do crescimento hipofisário (crianças)	Atraso no crescimento, distribuição anormal do tecido adiposo, hipoglicemia horas após a refeição	Gigantismo (crianças), acromegalia (adultos)	Crescimento excessivo em estatura na criança, ou crescimento excessivo das mãos e da face no adulto
Hormônio antidiurético	Diabete insípido	Poliúria	Síndrome da secreção inapropriada de ADH (SIADH)	Aumento da retenção de água no corpo e hiponatremia
Tireoxina (T_3, T_4)	Mixedema, cretinismo	Metabolismo lento, temperatura corporal baixa; desenvolvimentos físico e mental deficientes	Doença de Graves	Metabolismo acelerado, aumento da temperatura corporal, taquicardia, perda de peso
Hormônio paratireóideo (PTH)	Hipoparatireoidismo	Fraqueza muscular, problemas neurológicos, tetania causada pela redução das concentrações sangüíneas de cálcio	Hiperparatireoidismo	Problemas neurológicos, mentais e musculares devido aos altos níveis séricos de cálcio; fragilidade e ossos quebradiços
Insulina	Diabete melito	Hiperglicemia, utilização deficiente de glicose, dependência de lipídeos para obtenção de energia, glicosúria e cetose	Hipersecreção de insulina ou administração excessiva de insulina	Hipoglicemia, possivelmente causando coma hipoglicêmico
Mineralocorticóides (MC)	Hipoaldosteronismo	Poliúria, volume sangüíneo reduzido, níveis elevados da concentração sangüínea de potássio	Aldosteronismo	Aumento do peso corporal devido à retenção de água, redução da concentração sangüínea de potássio
Glicocorticóides (GC)	Doença de Addison	Diminuição da tolerância ao estresse, mobilização das reservas energéticas, manutenção da glicemia normal	Doença de Cushing	Quebra excessiva de proteínas teciduais e das reservas lipídicas, deficiência no metabolismo da glicose
Adrenalina (epinefrina) (E), noradrenalina (norepinefrina) (NE)	Nenhuma identificada		Feocromocitoma	Metabolismo e freqüência cardíaca acelerados, glicemia e temperatura corporal elevadas, outros sintomas comparáveis aos ocasionados pela super-estimulação autônoma
Estrógenos (mulher)	Hipogonadismo	Infertilidade, ausência de características sexuais secundárias	Síndrome androgênica	Hipersecreção de andrógenos pela zona reticular do córtex da supra-renal, levando à masculinização
			Puberdade precoce	Desenvolvimento precoce de folículos ováricos e secreção precoce de estrógeno
	Menopausa	Supressão da ovulação		
Andrógenos (homem)	Hipogonadismo, eunuquismo	Infertilidade, ausência de características sexuais secundárias	Ginecomastia	Produção anômala de estrógenos, algumas vezes relacionada a tumores intestinais ou nas glândulas supra-renais; causa crescimento de mamas
			Puberdade precoce	Secreção precoce de andrógenos, levando ao desenvolvimento físico precoce e a modificações de comportamento

hormônios sexuais na puberdade e (2) o declínio da concentração dos hormônios sexuais na menopausa, nas mulheres. É interessante notar que as alterações relacionadas à idade que causam impacto em outros tecidos afetam a sua capacidade de resposta aos estímulos hormonais. Como resultado, a maioria dos tecidos torna-se menos responsiva aos hormônios circulantes, mesmo quando as concentrações hormonais permanecem normais.

REVISÃO DOS CONCEITOS

1. Onde estão localizadas as ilhotas de Langerhans? Cite os hormônios por elas produzidos.
2. Qual é a função da inibina? Onde ela é produzida?
3. Que hormônio(s) do sistema endócrino mostra(m) o maior declínio em concentração como resultado do envelhecimento?

Veja a seção de Respostas na parte final do livro.

Caso clínico

POR QUE NÃO CONSIGO MAIS MANTER O MESMO RITMO?

Joana é uma professora universitária de 35 anos. Esportista, é corredora de resistência, perfazendo habitualmente distâncias de 64 a 75 km por semana. Sempre exerceu esta atividade física desde a época do ensino médio até a universidade. Sua carreira como corredora chegou ao auge quando venceu todas as provas nos jogos universitários durante o terceiro e quarto ano nas competições interuniversitárias. Desde seu ingresso na universidade, cinco anos atrás, corria aos finais de semana com vários colegas da faculdade, sempre se orgulhando do fato de poder correr mais do que os seus adversários homens. No entanto, nos últimos seis meses, notou que tem sido cada vez mais difícil manter seu ritmo e seu tempo de corrida, mesmo ao perfazer curtas distâncias (entre 4 e 5 km). Esses sintomas, associados às cãibras freqüentes, dores articulares, sinais de resfriado e fadiga crônica levaram-na a supor que estariam relacionados ao processo de envelhecimento e que ela não poderia mais manter seus padrões normais de corrida. Finalmente, Joana decidiu consultar um médico de família quando foi recusada como doadora de sangue por causa de anemia e níveis sangüíneos elevados de colesterol e triglicérides.

Exame inicial

O exame físico revelou as seguintes informações:

- Sintomas de resfriado, como rouquidão, persistindo por 2 a 3 semanas.

- Constipação freqüente.
- Coloração amarelada da pele, sem envolvimento da esclera.
- Pele fria, seca, áspera e escamosa.
- Face infiltrada e edema periorbital.
- Unhas espessas e quebradiças.
- Perda leve e difusa de pêlos envolvendo o couro cabeludo e o terço lateral das sobrancelhas.
- Pressão sangüínea de 110/80 mmHg.
- Reflexos tendíneos profundos diminuídos com relaxamento muscular prolongado, observado no teste de reflexo no tendão do calcâneo.
- Glândula tireóide discretamente aumentada, de consistência semelhante à borracha à palpação, sem qualquer sensibilidade.

O médico solicitou os seguintes exames de laboratório:

- Hemograma completo.
- Perfil lipídico.
- Exame de urina.
- Níveis sangüíneos de TSH.
- Níveis sangüíneos de T_4 livre.

Exame de acompanhamento

Joana e seu médico encontram-se após uma semana para discutir os resultados dos testes laboratoriais. Estes exames mostram o seguinte:

- O hemograma indica uma anemia por deficiência de ferro.
- O perfil lipídico confirma níveis elevados de colesterol total, LDL (lipoproteínas de baixa densidade) e triglicérides.
- Os níveis plasmáticos de TSH estão em 20 mU/L.
- Os níveis de T_4 livre estão em 0,6 ng/dL.

Termos do caso clínico

Anemia: Qualquer condição na qual a contagem de glóbulos vermelhos ou a concentração da hemoglobina esteja clinicamente reduzida.

Colesterol: O esteróide mais abundante em tecidos animais, especialmente na bile; está presente em alimentos, sobretudo alimentos ricos em gordura animal.

Contagem de elementos figurados (hemograma): Contagem completa das células sangüíneas – glóbulos brancos, glóbulos vermelhos e plaquetas – em uma amostra de sangue.

Doença auto-imune: Condição na qual o sistema linfático de um indivíduo produza células e/ou anticorpos que agridem os tecidos do seu próprio organismo.

Edema periorbital: Acúmulo de líquido nos espaços intersticiais da pele ao redor da órbita.

Esclera: Região da lâmina fibrosa que constitui a camada mais externa do bulbo do olho; a parte branca do olho.

Perfil lipídico: Teste laboratorial que examina as concentrações e as características químicas dos lipídeos em suspensão em uma amostra de sangue.

Reflexos tendíneos profundos (*reflexos miotáticos*): Contração muscular em resposta à força de estiramento resultante da estimulação de proprioceptores.

Triglicérides: Ácidos graxos ligados ao glicerol; a forma mais importante de lipídeo no corpo, também conhecida como triacilglicerol.

Caso clínico (*continuação*)

Pontos a considerar

Cada sistema de órgãos apresenta sinais ou sintomas que permitem ao médico associar os indícios que o levarão ao diagnóstico correto da doença. Tanto a descrição dos sintomas feita pelo paciente quanto a análise e a interpretação realizadas pelo médico contribuem para o diagnóstico final.

Para considerar o significado das informações apresentadas neste caso, revise o Capítulo 19, O Sistema Endócrino. As questões a seguir servirão como um roteiro para a sua revisão. Pense e responda cada uma delas; se necessário, consulte o Capítulo 19.

1. À primeira vista, todos os sintomas de Joana parecem aleatórios e sem relação entre si. Entretanto, em uma análise mais detalhada, o que todos esses sintomas têm em comum?
2. Por que os sintomas de Joana se desenvolveram lentamente por um período tão longo?
3. Por que o perfil lipídico de Joana confirmou níveis altos de colesterol total, triglicérides e LDL?

Análise e interpretação

As informações a seguir respondem as questões na seção "Pontos a considerar". Para rever esta matéria, consulte as páginas indicadas adiante:

1. Muitos dos hormônios secretados pelas glândulas endócrinas têm efeitos metabólicos amplamente distribuídos. Todos os sintomas de Joana estão relacionados ao seu metabolismo celular geral e à sua taxa de consumo de oxigênio (págs. 513-515).
2. As cavidades foliculares no interior dos folículos da glândula tireóide armazenam tireoxina (T_4) e tri-iodotironina (T_3) (pág. 513). A liberação destes hormônios diminuirá lentamente e concomitantemente com a piora progressiva do estado clínico de Joana – isso explica o lento desenvolvimento dos sintomas.
3. O perfil lipídico de Joana (níveis sangüíneos de LDL, colesterol total e triglicérides elevados) resulta da velocidade metabólica diminuída e da redução da absorção de lipídeos pelos tecidos periféricos. Muitos dos hormônios secretados pelo sistema endócrino atuam em vários aspectos do metabolismo (págs. 518-521).

Diagnóstico

Após testes posteriores para pesquisa de anticorpos antitireóide e um exame de ressonância magnética (RM) (**Figura 19.12**), Joana recebeu o diagnóstico de uma doença auto-imune: **tireoidite de Hashimoto.** Essa doença é caracterizada pela destruição lenta das células da glândula tireóide provocada por vários processos imunológicos mediados por células e anticorpos. O efeito dessa doença auto-imune é a alteração na síntese e liberação do hormônio tireóideo. Contudo, os sintomas dessa doença desenvolvem-se lentamente devido à liberação demorada da tireoxina e tri-iodotironina formadas previamente à doença nos folículos tireóideos que, por sua vez, são paulatinamente danificados pela doença auto-imune.

A tireoidite de Hashimoto é a causa mais comum de hipotireoidismo em indivíduos residentes nos Estados Unidos e acima de seis anos de idade. Mundialmente, a causa mais comum do hipotireoidismo é a deficiência de iodo. No entanto, a tireoidite de Hashimoto é também a causa mais comum de hipotireoidismo espontâneo em áreas onde a população apresenta ingestão de iodo adequada.

Figura 19.12 **RM da região cervical de Joana.**

O médico de Joana utilizou conhecimentos sobre os órgãos endócrinos específicos e suas funções para prever os sintomas de doenças endócrinas específicas. Por exemplo, os sintomas de Joana, que à primeira vista não apresentavam correlação, indicam alterações do metabolismo. Os hormônios da glândula tireóide aumentam a velocidade do metabolismo basal, a produção de calor pelo corpo, a perspiração e a freqüência cardíaca. Um metabolismo acelerado, o aumento da temperatura do corpo, a perda de peso, o nervosismo, a perspiração excessiva e a freqüência aumentada ou irregular dos batimentos cardíacos são sintomas de hipertireoidismo. Inversamente, a velocidade metabólica reduzida, a diminuição da temperatura do corpo, o aumento de peso, a letargia, a pele seca e a redução da freqüência dos batimentos cardíacos são os sintomas que tipicamente acompanham o hipotireoidismo. Contudo, muitos sinais e sintomas relacionados a alterações endócrinas são menos definidos. Por exemplo, a poliúria, ou produção aumentada de urina, pode resultar de hipossecreção de ADH (diabete insípido) ou pode ser causada pela hiperglicosúria decorrente do diabete melito; um sintoma como a hipertensão arterial (aumento da pressão sangüínea) pode ser causado por uma variedade de problemas cardiovasculares ou endócrinos. Nesses casos, muitas decisões diagnósticas são baseadas em testes sangüíneos ou outros tipos de testes, que podem confirmar a presença de uma doença endócrina pela detecção de níveis anormais de hormônios circulantes ou de níveis alterados de produtos metabólicos resultantes de ação hormonal. Testes periódicos podem determinar se a causa do problema relaciona-se com a glândula endócrina, com o(s) mecanismo(s) circulatório(s), ou com os tecidos-alvo. Freqüentemente, um padrão de resultados obtidos de vários testes diferentes leva ao diagnóstico. A Tabela 19.6 mostra uma visão geral clínica das disfunções endócrinas, enquanto a Tabela 19.7 descreve alguns testes usados no diagnóstico de doenças endócrinas como a de Joana. ■

Caso clínico (*continuação*)

TABELA 19.7 Procedimentos diagnósticos típicos para detecção de doenças do sistema endócrino

Procedimento diagnóstico	Método e resultado	Utilização típica
Glândula tireóide		
Varredura da tireóide	Uma dose de radionucleotídeo se acumula na glândula tireóide, emitindo radiação detectável para criar uma imagem da tireóide	Determina tamanho, formato e anomalias da glândula tireóide; detecta a presença de nódulos e/ou tumores; pode detectar áreas de hiper ou hipoatividade; pode determinar a causa da presença de massas teciduais na região do pescoço.
Ultra-sonografia de tireóide	Ondas sonoras refletidas em estruturas internas são utilizadas para gerar uma imagem computadorizada	Detecta cistos ou tumores de tireóide, linfonodos aumentados ou anomalias de formato ou tamanho da glândula tireóide.
Teste com ingestão de iodo radioativo (RAIU)	Íons de iodo radioativo são ingeridos e aprisionados pela glândula tireóide; um detector determina a quantidade de iodo radioativo absorvido em um determinado período de tempo	Determina hiper ou hipoatividade da glândula tireóide; freqüentemente realizado junto com o exame de varredura da tireóide.
Hipófise		
Radiografia de punho e mão	Radiografias das cartilagens epifisiais para estimar a "idade óssea", com base no período de fechamento das cartilagens epifisiais	Compara a idade óssea e a idade cronológica da criança; idades ósseas atrasadas mais de 2 anos em relação à idade cronológica sugerem a possibilidade de deficiências do hormônio do crescimento, com hipossecreção ou deficiência de desenvolvimento hipofisário.
Radiografia da sela turca	Radiografia-padrão da sela turca, que abriga a hipófise	Determina (com precisão e custos crescentes) as dimensões da hipófise; detecta tumores da hipófise.
TC da hipófise	TC padrão; pode ser utilizado meio de contraste	
RM da hipófise	RM padrão	
Glândulas paratireóides		
Ultra-sonografia de glândulas paratireóides	Ultra-sonografia padrão	Determina anomalias estruturais da glândula paratireóide, como o aumento de tamanho.
Glândulas supra-renais		
Ultra-sonografia da glândula supra-renal	Ultra-sonografia padrão	Determina anomalias de tamanho e formato da glândula supra-renal; pode detectar tumores.
TC da glândula supra-renal	TC padrão	Determina anomalias de tamanho e formato da glândula supra-renal; pode detectar tumores.
Angiografia de supra-renal	Injeção de contraste radiopaco para avaliação do suprimento circulatório à glândula supra-renal	Detecta tumores e hiperplasia.

TERMOS CLÍNICOS

Bócio: Um crescimento difuso da glândula tireóide.

Cetoacidose: Condição na qual uma grande quantidade de corpos cetônicos no sangue resulta em uma perigosa redução do pH sangüíneo.

Crise tireotóxica: Período no qual um indivíduo em hipertireoidismo agudo apresenta picos de febre, aceleração dos batimentos cardíacos e uma variedade de disfunções em diversos sistemas do corpo.

Diabete insípido: Doença que se desenvolve quando a neuro-hipófise produz níveis insuficientes de ADH.

Diabete melito: Doença caracterizada por altas concentrações de glicose, suficientes para ultrapassar a capacidade de reabsorção dos rins.

Diabete melito insulino-dependente (DMID/IDDM) (também conhecido como **diabete tipo 1** ou **diabete juvenil**): Um tipo de diabete melito; sua causa primária é a produção insuficiente de insulina pelas células beta das ilhotas pancreáticas.

Diabete melito não-insulino-dependente (DMNID/NIDDM) (também conhecido como **diabete tipo 2** ou **diabete do adulto**): Um tipo de diabete melito no qual os níveis de insulina estão normais ou elevados, mas os tecidos periféricos não respondem de acordo.

Exoftalmia: Protrusão dos olhos, um sintoma de hipertireoidismo.

Mixedema: Sintomas de hipotireoidismo grave, que incluem edema subcutâneo, pele seca, diminuição da temperatura corporal, queda de cabelo, fraqueza muscular e diminuição da intensidade dos reflexos.

RESUMO PARA ESTUDO

Introdução 508

1. Os sistemas nervoso e endócrino funcionam conjuntamente, de modo complementar, para monitorar e ajustar as atividades fisiológicas na regulação da homeostase.
2. Em geral, o sistema nervoso faz a "administração da crise" a curto prazo, enquanto o sistema endócrino é responsável pelos ajustes a longo prazo nos processos metabólicos em andamento. As *células endócrinas* liberam substâncias químicas denominadas **hormônios** que alteram simultaneamente as atividades metabólicas de muitos tecidos e órgãos diferentes.

Uma visão geral do sistema endócrino 508

1. O sistema endócrino é composto de todas as células e tecidos endócrinos. Os sistemas e órgãos endócrinos liberam seus produtos secretados nos líquidos intersticiais. (*ver Figura 19.1*)
2. Os hormônios podem ser divididos em quatro grupos, baseando-se na sua estrutura química: *derivados de aminoácidos, hormônios peptídeos, esteróides* e *eicosanóides.*
3. As atividades celulares e reações metabólicas são controladas por enzimas. Os hormônios exercem seus efeitos modificando as atividades das **células-alvo** (células sensíveis a um hormônio em particular).
4. O controle por retroalimentação (*feedback*) negativa geralmente regula a atividade endócrina. Nesse controle, (1) a célula endócrina libera seu hormônio em resposta às alterações na composição do líquido extracelular, (2) a célula-alvo é estimulada e (3) a célula-alvo restabelece a homeostase. Esta resposta elimina a fonte de estimulação da célula endócrina.
5. A atividade endócrina pode ser controlada por (1) atividade nervosa, (2) retroalimentação (*feedback*) positiva (raramente) ou (3) mecanismos complexos de *feedback* negativo.

O hipotálamo e a regulação endócrina 509

6. O hipotálamo regula a atividade endócrina e a atividade nervosa. Controla a secreção da medula da supra-renal, um componente endócrino da parte simpática no SNA, (2) produz dois hormônios próprios (ADH e ocitocina), que são liberados pela neuro-hipófise (lobo posterior), e (3) controla a atividade da adeno-hipófise (lobo anterior) através da produção de **hormônios reguladores** (**hormônios liberadores**, ou **HL/RH**, e **hormônios inibidores**, ou **HI/IH**). (*ver Figura 19.2*)

A hipófise 510

1. A **hipófise** libera nove hormônios peptídeos importantes. Dois são sintetizados no hipotálamo e liberados pela neuro-hipófise, e sete são sintetizados na adeno-hipófise. (*ver Figuras 19.3/19.4 e Tabela 19.1*)

A neuro-hipófise 510

2. A **neuro-hipófise** (**lobo posterior**) contém os axônios de alguns neurônios hipotalâmicos. Os neurônios no interior dos **núcleos supra-óptico** e **paraventricular** produzem **hormônio antidiurético (ADH)** e **ocitocina**, respectivamente. O ADH reduz a quantidade de água a ser eliminada pelos rins; é liberado em resposta a aumentos na concentração de eletrólitos no sangue ou a uma redução do volume sangüíneo. Na mulher, a ocitocina estimula as células musculares lisas no útero e células contráteis nas glândulas mamárias. É liberada em resposta ao estiramento dos músculos uterinos e/ou à sucção na papila mamária pelo bebê durante a amamentação. No homem, a ocitocina estimula a contração do músculo liso prostático. (*ver Figuras 19.3 a 19.5 e Tabela 19.1*)

A adeno-hipófise 510

3. A **adeno-hipófise** (**lobo anterior**) pode ser subdividida em uma **parte distal**, grande, uma **parte intermédia**, delgada, e uma **parte tuberal**. A adeno-hipófise é intensamente vascularizada.
4. No soalho do hipotálamo, na parte tuberal, os neurônios liberam fatores reguladores nos líquidos intersticiais circundantes. As células endócrinas na adeno-hipófise são controladas por fatores liberadores, fatores inibidores (hormônios) ou alguma combinação dos dois. Essas secreções entram na circulação através de vasos **capilares fenestrados** que contêm espaços abertos entre suas células epiteliais. Vasos sangüíneos, denominados **vasos portais**, constituem um arranjo vascular atípico que conecta o hipotálamo e o lobo anterior da hipófise. Esse complexo é conhecido como **sistema porta-hipofisial**. Esse sistema garante que todo o sangue que entra nos vasos portais atinja as células-alvo antes de retornar à circulação geral. (*ver Figuras 19.3/19.5*)
5. Importantes hormônios liberados pela parte distal incluem (1) o **hormônio estimulante da tireóide (TSH)**, que deflagra a liberação dos hormônios da glândula tireóide; (2) o **hormônio adrenocorticotrópico (ACTH)**, que estimula a liberação de **glicocorticóides** pela glândula supra-renal; (3) o **hormônio folículo-estimulante (FSH)**, que estimula a secreção de **estrógeno** (*estradiol*), o desenvolvimento do óvulo na mulher e o desenvolvimento do espermatozóide no homem; (4) o **hormônio luteinizante (LH)**, que promove a ovulação e a produção de **progestinas** (*progesterona*) na mulher e **andrógenos** (*testosterona*) no homem (juntos, o FSH e o LH são denominados **gonadotropinas**); (5) a **prolactina** (**PRL**), que estimula o desenvolvimento das glândulas mamárias e a produção de leite; e (6) o **hormônio do crescimento** (**GH** ou **somatotropina**), que estimula o crescimento e a divisão celular. (*ver Figuras 19.3/19.4*)
6. O **hormônio estimulante do melanócito (MSH)**, liberado pela parte intermédia, estimula os melanócitos a produzirem melanina (*ver Figura 19.4*)

A glândula tireóide 513

1. A **glândula tireóide** situa-se inferiormente à **cartilagem tireóidea** da laringe. Consiste em dois **lobos** conectados por um **istmo** estreito. (*ver Figura 19.6a*)

Folículos tireóideos e hormônios tireóideos 513

2. A glândula tireóide contém numerosos **folículos tireóideos**. As células dos folículos produzem **tireoglobulina** e a armazenam no interior do **colóide** (um líquido viscoso que contém proteínas em suspensão) na **cavidade folicular**. As células também transportam iodo dos líquidos extracelulares para a cavidade, onde estabelecem ligações com resíduos de tirosina das moléculas de tireoglobulina para formar os hormônios da tireóide. (*ver Figura 19.6b,c e Tabela 19.2*)
3. Quando estimuladas, pelo TSH, as células foliculares reabsorvem a tireoglobulina, quebram a proteína e liberam os hormônios da tireóide, **tireoxina** (TX ou T_4) e **tri-iodotironina** (T_3), na circulação. (*ver Figura 19.7*)

Os tireócitos C da glândula tireóide 513

4. Os **tireócitos C** dos folículos tireóideos produzem **calcitonina (CT)**, que ajuda a diminuir as concentrações de íons cálcio nos líquidos corporais pela inibição da atividade osteoclástica e pela estimulação da excreção de íons cálcio nos rins. (*ver Figura 19.6c*)
5. As ações da calcitonina são opostas pelas ações do *hormônio da paratireóide*, produzido pelas glândulas paratireóides. (*ver Tabela 19.2*)

As glândulas paratireóides 515

1. Quatro **glândulas paratireóides** estão incrustradas na superfície posterior da glândula tireóide. As **células paratireóides (principais)** produzem **hormônio paratireóideo (PTH)** em resposta a diminuições das concentrações de íons cálcio, abaixo do limite normal. Células oxifílicas da paratireóide não apresentam função conhecida. (*ver Figura 19.8 e Tabela 19.2*)
2. O PTH (1) estimula a atividade osteoclástica, (2) estimula a atividade osteoblástica em menor intensidade, (3) reduz as perdas de cálcio na urina e (4) promove a absorção de cálcio no intestino (pela estimulação da produção de calcitriol). (*ver Tabela 19.2*)
3. As glândulas paratireóides e os tireócitos C da glândula tireóide mantêm os níveis de cálcio dentro do intervalo de normalidade (relativamente estreito). (*ver Figura 19.8c e Tabela 19.2*)

O timo 515

1. O **timo**, incrustrado em uma massa de tecido conectivo na cavidade torácica, produz vários hormônios que estimulam o desenvolvimento e a manutenção das defesas imunológicas normais. (*ver Figura 19.1*)
2. As **timosinas** produzidas pelo timo promovem o desenvolvimento e a manutenção de linfócitos.

As glândulas supra-renais 515

1. Uma única glândula **supra-renal** situa-se sobre o pólo superior de cada rim. Cada glândula supra-renal é envolvida por uma **cápsula** fibrosa e é subdividida em um **córtex** superficial e uma **medula** profunda. (*ver Figura 19.9*)

O córtex da glândula supra-renal 516

2. O córtex da glândula supra-renal sintetiza hormônios esteróides, denominados **esteróides adrenocorticais** (**corticosteróides**). O córtex pode ser subdividido em três áreas separadas: (1) a **zona glomerulosa**, a mais externa, libera **mineralocorticóides (MC)**, principalmente **aldosterona**, que restringe as perdas de sódio e de água nos rins, nas glândulas sudoríferas, no trato digestório e nas glândulas salivares. A zona glomerulosa responde à presença do hormônio angiotensina II, que surge após a secreção da enzima renina pelas células renais expostas a um declínio do volume e/ou da pressão sangüínea. (2) A **zona fasciculada**, intermediária, produz **glicocorticóides** (**GC**), notadamente **cortisol** e **corticosterona**. Todos estes hormônios aceleram a velocidade da síntese de glicose e da formação de glicogênio, em especial nos hepatócitos. (3) A **zona reticular**, mais interna, produz pequenas quantidades de hormônios sexuais denominados andrógenos. O significado da quantidade de andrógenos produzidos pela supra-renal permanece incerto. (*ver Figura 19.9c e Tabela 19.3*)

A medula da glândula supra-renal 517

3. A medula da glândula supra-renal contém aglomerados de **células de cromafina**, que se assemelham a neurônios de gânglios simpáticos. Secretam adrenalina (epinefrina) (75-80%) ou noradrenalina (norepinefrina) (20-25%). Estas catecolaminas deflagram a utilização da energia celular e a mobilização de reservas energéticas (ver Capítulo 17). (*ver Figura 19.9b,c e Tabela 19.3*)

Funções endócrinas dos rins e do coração 518

1. Células endócrinas nos rins e no coração produzem hormônios importantes para a regulação da pressão e do volume sangüíneos e dos níveis sangüíneos de oxigênio, além da absorção dos íons cálcio e potássio.
2. O rim produz a enzima *renina* e o hormônio peptídeo *eritropoetina* quando a pressão e os níveis de oxigênio sangüíneos nos rins declinam; secreta também o hormônio esteróide *calcitriol* na presença do hormônio paratireóideo. A **renina** catalisa a conversão do **angiotensinogênio** circulante em **angiotensina I**. Nos capilares pulmonares, é convertido em **angiotensina II**, hormônio que estimula a produção de aldosterona no córtex da supra-renal. A **eritropoetina (EPO)** estimula a produção de glóbulos vermelhos pela medula óssea. O **calcitriol** estimula a absorção de cálcio e de fosfato no trato digestório.
3. Células musculares especializadas do coração produzem **peptídeo natriurético atrial (ANP)** e **peptídeo natriurético encefálico (BNP)** quando a pressão e o volume sangüíneos excedem os limites de normalidade. Estes hormônios estimulam a perda de água e de íons sódio nos rins, induzindo a diminuição do volume sangüíneo.

O pâncreas e outros tecidos endócrinos do sistema digestório 518

1. O revestimento do trato digestório, o fígado e o pâncreas produzem secreções exócrinas essenciais para a digestão e a absorção normal dos alimentos.

O pâncreas 518

2. O **pâncreas** é um órgão nodular que se situa entre o estômago e o intestino delgado (duodeno). Contém células endócrinas e exócrinas. A **parte exócrina do pâncreas** secreta um líquido rico em enzimas no interior da cavidade do duodeno. Células da **parte endócrina do pâncreas** formam agregados denominados **ilhotas pancreáticas** (*ilhotas de Langerhans*). Cada ilhota contém quatro tipos de células. As **células alfa** produzem **glucagon** que eleva os níveis de glicose no sangue; as **células beta** secretam **insulina** para reduzir os níveis de glicose no sangue; as **células delta** secretam **somatostatina** (**hormônio inibidor do hormônio do crescimento**) que inibe a produção e secreção de glucagon e de insulina; as **células F** secretam **polipeptídeo pancreático (PP)** para inibir as contrações da vesícula biliar e para regular a produção de algumas enzimas pancreáticas. O PP também pode contribuir para o controle da velocidade de absorção de nutrientes pelo trato gastrintestinal. (*ver Figura 19.10 e Tabela 19.4*)
3. A insulina reduz os níveis sangüíneos de glicose aumentando a absorção e a utilização da glicose na maioria das células do corpo; o glucagon aumenta os níveis sangüíneos de glicose por meio do aumento da velocidade de quebra do glicogênio e da síntese de glicose no fígado. A somatostatina reduz a velocidade de secreção hormonal das células beta e das células alfa e reduz a absorção do alimento e a secreção enzimática no trato digestório. (*ver Tabela 19.4*)

Tecidos endócrinos do sistema genital 520

Testículos 520

1. As **células intersticiais** dos testículos produzem andrógenos. A **testosterona** é o principal andrógeno; promove a produção de espermatozóides, mantém as glândulas secretoras do sistema genital, interfere em características sexuais secundárias e estimula o desenvolvimento muscular. (*ver Tabela 19.5*)
2. O hormônio **inibina**, produzido pelas **células de sustentação** (de Sertoli) nos testículos, interage com o FSH advindo da adeno-hipófise para manter a produção espermática em níveis normais.

Ovários 520

3. Oócitos desenvolvem-se em **folículos** no ovário; células foliculares ao redor dos oócitos produzem estrógenos, em especial o **estradiol**. Os estrógenos promovem o amadurecimento dos oócitos e estimulam o crescimento do revestimento uterino. Folículos ativos secretam inibina, que suprime a liberação de FSH por retroalimentação (*feedback*) negativa. (*ver Tabela 19.5*)
4. Após a ovulação, as células foliculares remanescentes no interior do ovário reorganizam-se no interior do **corpo lúteo**, que produz uma composição mista de estrógenos e progestinas, especialmente a **progesterona**. A progesterona facilita a movimentação do ovo fertilizado ao longo da tuba uterina em direção ao útero e estimula a preparação do útero para a implantação. (*ver Tabela 19.5*)

A glândula pineal 521

1. A **glândula pineal** (*epífise do cérebro*) contém células secretoras denominadas **pinealócitos**, que sintetizam **melatonina**. A melatonina atrasa a maturação dos espermatozóides, dos oócitos e órgãos genitais pela inibição da produção dos fatores de liberação do FSH e do LH pelo hipotálamo. Além disso, a melatonina pode estabelecer o ritmo circadiano. (*ver Figura 19.1*)

Hormônios e envelhecimento 521

1. O sistema endócrino apresenta relativamente poucas modificações funcionais relacionadas ao envelhecimento. As modificações endócrinas mais drásticas estão relacionadas ao aumento dos níveis hormonais na puberdade e ao declínio dos hormônios sexuais na menopausa.

REVISÃO DO CAPÍTULO

Para respostas às questões da Revisão dos Conceitos e Revisão do Capítulo, veja a seção de Respostas na parte final do livro.

Nível 1 – Revisão de fatos e termos

Associe cada item numerado com a letra do item que melhor se relaciona. Utilize letras para as respostas nos espaços apropriados.

Coluna A	**Coluna B**
__ 1. células-alvo	a. função desconhecida
__ 2. hipotálamo	b. estimula a produção do leite
__ 3. ADH	c. sob regulação hormonal
__ 4. prolactina	d. glândula pineal
__ 5. FSH	e. liberação de noradrenalina (norepinefrina)
__ 6. colóide	f. reduz a perda de água
__ 7. oxifilia	g. maturação de linfócitos
__ 8. timosina	h. estimula a secreção de estrógenos
__ 9. células de cromafina	i. propicia a liberação de hormônio
__10. melatonina	j. líquido viscoso com hormônios armazenados

11. O hormônio que atua na glândula tireóide e deflagra a liberação de hormônio da tireóide é:
    (a) o hormônio folículo-estimulante (FSH)
    (b) o hormônio estimulante da tireóide (TSH)
    (c) o hormônio adrenocorticotrópico (ACTH)
    (d) o hormônio luteinizante (LH)

12. Quando uma catecolamina ou hormônio peptídico liga-se a receptores na superfície de uma célula,
    (a) o complexo receptor do hormônio migra para o interior do citoplasma
    (b) a membrana plasmática é despolarizada
    (c) um segundo mensageiro surge no citoplasma
    (d) o hormônio é transportado para o núcleo para alterar a atividade do DNA

13. Os vasos sangüíneos que suprem ou drenam a glândula tireóide incluem quais dos seguintes?
    (a) artéria tireóidea superior
    (b) artéria tireóidea inferior
    (c) veias tireóideas superior, média e inferior
    (d) todas as anteriores

14. Quais são os efeitos do envelhecimento na função do sistema endócrino?
    (a) ele é relativamente menos afetado em relação a outros sistemas
    (b) a produção de hormônio aumenta para compensar a resposta diminuída dos receptores
    (c) a função endócrina do sistema genital é a mais afetada pelo envelhecimento
    (d) a produção de hormônio pela glândula tireóide sofre o maior declínio em decorrência do envelhecimento

15. Órgãos endócrinos podem ser controlados por:
    (a) hormônios de outras glândulas endócrinas
    (b) estimulação nervosa direta
    (c) mudanças na composição do líquido extracelular
    (d) todas as anteriores estão corretas

16. A redução da perda de líquidos pela urina em função da retenção de íons sódio e água no organismo resulta da ação de:
    (a) hormônio antidiurético (b) calcitonina
    (c) aldosterona (d) cortisona

17. Quando os níveis de glicose no sangue caem,
    (a) a insulina é liberada
    (b) o glucagon é liberado
    (c) células periféricas cessam a captação de glicose
    (d) a aldosterona é liberada para estimular estas células

18. Os hormônios liberados pelos rins incluem:
    (a) calcitriol e eritropoetina
    (b) ADH e aldosterona
    (c) adrenalina (epinefrina) e noradrenalina (norepinefrina)
    (d) cortisol e norepinefrina cortisona

19. O elemento necessário para a função normal da glândula tireóide é o:
    (a) magnésio (b) potássio
    (c) iodo (d) cálcio

20. Uma estrutura conhecida como corpo lúteo secreta:
    (a) testosterona (b) progesterona
    (c) aldosterona (d) cortisona

Nível 2 – Revisão de conceitos

1. A exoftalmia é o principal sintoma de:
    (a) doença de Cushing (b) hipertireoidismo
    (c) hiperfunção hipofisária (d) doença de Graves

2. Se um indivíduo apresenta um número reduzido de linfócitos ou se seus linfócitos são anômalos, que glândula pode estar comprometida?
    (a) tireóide (b) timo
    (c) hipófise (d) pineal

3. A diminuição da atividade cardíaca, a redução da pressão sangüínea, a diminuição dos níveis sangüíneos de glicose e a redução de liberação de lipídeos por tecido adiposo são os sintomas de uma deficiência:
    (a) da hipófise (b) do córtex da supra-renal
    (c) do pâncreas (d) da medula da supra-senal

4. Discuta as diferenças funcionais entre os sistemas nervoso e endócrino.

5. Os hormônios podem ser divididos em quatro grupos com base em suas estruturas químicas. Quais são esses quatro grupos?

6. Descreva os alvos primários e os efeitos da testosterona.

7. Quais são os efeitos dos hormônios da glândula tireóide sobre os tecidos do corpo?

8. Qual é a função normal primordial das glândulas paratireóides na manutenção dos níveis normais de íons cálcio no sangue?

9. Descreva a função da melatonina na regulação da função sexual.

10. Qual é a importância da rede capilar no interior da hipófise?

Nível 3 – Pensamento crítico

1. De que modo um tumor de hipófise poderia resultar na produção de quantidades excessivas do hormônio do crescimento?

2. Anomalias endócrinas muito raramente resultam em uma única alteração metabólica. Quais são os dois distúrbios endócrinos que resultam em sede excessiva e poliúria?

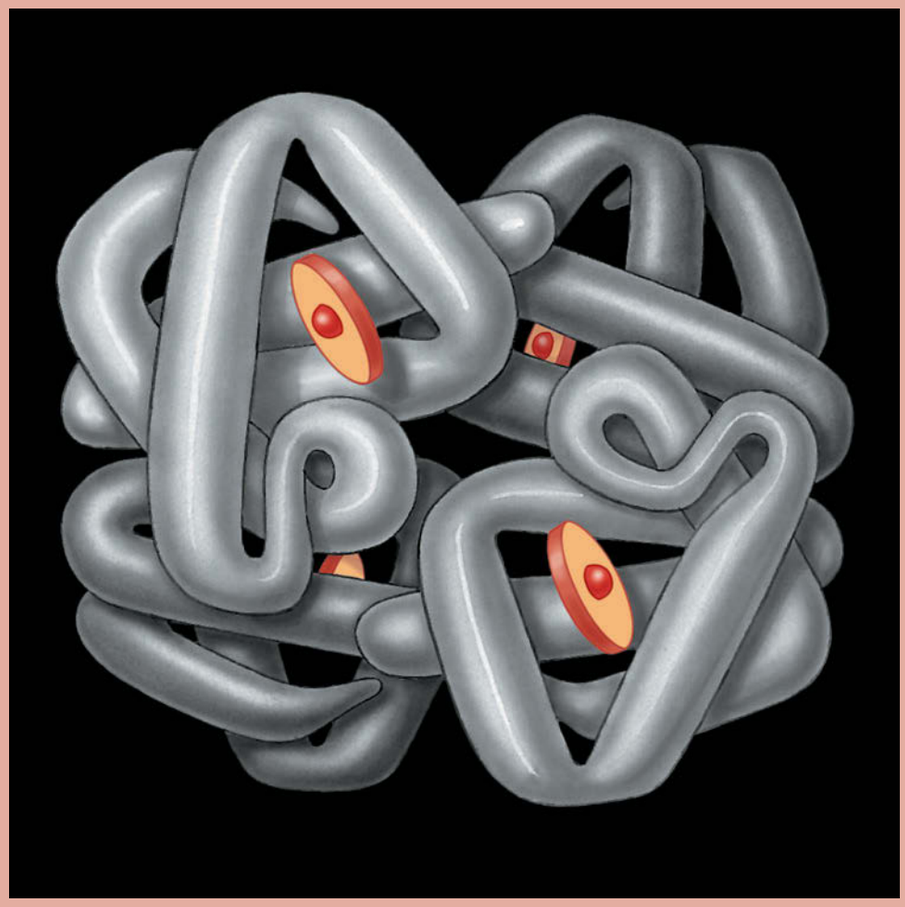
3. O hipotireoidismo (produção insuficiente do hormônio da tireóide) pode ser causado por uma alteração no hipotálamo e na hipófise, ou na glândula tireóide. Explique como isso é clinicamente possível.

4. De que modo os hormônios do rim e do coração regulam a pressão e o volume sangüíneos?

20

O Sistema Circulatório

Sangue



OBJETIVOS DO CAPÍTULO:

1. Listar e descrever as funções do sangue.
2. Discutir a composição do sangue e as características físicas do plasma.
3. Listar as características estruturais e as funções das hemácias.
4. Explicar o que determina o tipo sangüíneo e por que a tipagem sangüínea é importante.
5. Classificar os diversos tipos de leucócitos com base em suas estruturas e funções e descrever o modo como os leucócitos combatem as infecções.
6. Discutir a função das plaquetas.
7. Discutir a diferenciação e os ciclos de vida das células sangüíneas.
8. Identificar os locais onde os elementos do sangue são produzidos e discutir os fatores que regulam a sua produção.

Introdução 531

Funções do sangue 531

Composição do sangue 531

Elementos figurados 534

Hematopoiese 541

O organismo vivo está em constante comunicação química com o meio externo. Nutrientes são absorvidos através do revestimento do trato digestório, gases se difundem através do delicado epitélio dos pulmões e resíduos são excretados nas fezes e na urina, assim como na saliva, na bile, no suor e em outras secreções exócrinas. As trocas químicas ocorrem em locais ou órgãos especializados porque todas as partes do corpo estão ligadas ao *sistema circulatório*. O sistema circulatório pode ser comparado ao sistema de resfriamento de um automóvel. Seus componentes básicos incluem o líquido circulante (o sangue), uma bomba (o coração) e uma variedade de tubos condutores (uma rede de vasos sangüíneos). Os três capítulos sobre o sistema circulatório examinam estes componentes individualmente: o Capítulo 20 discute a natureza do sangue circulante, o Capítulo 21 considera a estrutura e a função do coração e o Capítulo 22 examina a rede de vasos sangüíneos e o funcionamento integrado do sistema circulatório. Finalmente, você estará pronto para o Capítulo 23, que aborda o *sistema linfático*, cujos vasos e órgãos estão estrutural e funcionalmente ligados ao sistema circulatório.

Funções do sangue [Tabela 20.1]

O **sangue** é uma massa líquida de tecido conectivo especializado (pág. 68) que (1) distribui nutrientes, oxigênio e hormônios para cada um dos aproximadamente 75 trilhões de células do corpo humano; (2) conduz resíduos metabólicos aos rins para excreção; (3) transporta células especializadas que combatem infecções e doenças em tecidos periféricos. A Tabela 20.1 contém uma listagem detalhada das funções do sangue. As funções do sangue são absolutamente essenciais; qualquer célula do corpo ou região que for completamente privada de circulação pode morrer em questão de minutos.

Composição do sangue

[Figura 20.1 e Tabela 20.2]

O sangue está normalmente confinado ao sistema circulatório e apresenta composição e características particulares (**Figura 20.1** e Tabela 20.2). O sangue é constituído por dois componentes:

1. O **plasma**, a matriz líquida do sangue, apresenta uma densidade ligeiramente maior que a da água. Contém proteínas dissolvidas, mais do que a rede de fibras insolúveis encontradas nos tecidos conectivos frouxos ou cartilagens, além de numerosos solutos dissolvidos.
2. **Elementos figurados** são células sangüíneas e fragmentos celulares que se encontram suspensos no plasma. Esses elementos estão presentes em abundância e são altamente especializados. As hemácias ou

Nota clínica

Transfusões Em uma transfusão, os componentes do sangue são transferidos para um indivíduo cujo volume sangüíneo esteja reduzido ou cuja composição sangüínea esteja de algum modo deficiente. Transfusões de sangue são mais freqüentemente utilizadas para restituir o volume de sangue após grandes hemorragias. Em uma **transfusão de troca**, a maior parte do volume sangüíneo de um indivíduo é substituída com sangue de doador. Este procedimento pode ser necessário para tratar intoxicação por drogas (prescritas ou não) ou nos casos de *doença hemolítica do recém-nascido* (eritroblastose fetal) (pág. 544).

O sangue é obtido em ambientes estéreis, por profissionais da saúde cuidadosamente paramentados. O sangue é testado para detecção de bactérias e vírus e descartado nos casos em que a presença destes patógenos é verificada. O sangue é tratado para evitar a coagulação e para estabilizar as hemácias e é então refrigerado – mantendo-se em condições de uso por até três semanas e meia. Para armazenamento por mais tempo, o sangue deve ser fracionado. As hemácias são separadas do plasma e, se necessário, podem ser congelados após tratamento com solução anticongelamento especializada. O plasma pode ser armazenado, refrigerado ou congelado. Este procedimento permite o armazenamento a longo prazo de quantidades de sangue de tipo raro, viabilizando sua utilização imediata em situações de emergência.

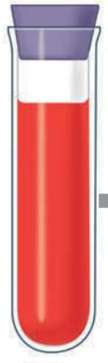
O sangue fracionado apresenta muitas utilidades. **Concentrados de hemácias**, soluções das quais se removeu a maior parte do plasma, são recomendados em casos de anemia, na qual o volume do sangue pode estar próximo do normal, mas em que a capacidade sangüínea de distribuição de oxigênio encontra-se reduzida. O plasma pode ser administrado quando ocorrem perdas significativas de líquido corporal, como em casos de queimaduras graves.

Cerca de 6 milhões de unidades (3 milhões de litros) de sangue são utilizadas a cada ano apenas nos Estados Unidos, e a demanda de sangue ou componentes sangüíneos freqüentemente excede os estoques. Além disso, há um aumento da preocupação dos receptores em relação ao risco de serem infectados pelo vírus da hepatite ou do HIV (o vírus da AIDS). Algumas modificações nas práticas relacionadas à transfusão têm ocorrido como resultado dessa preocupação ao longo dos últimos anos. De modo geral, um número menor de unidades de sangue tem sido administrado. Concomitantemente, tem se observado um aumento nos procedimentos de **transfusão autóloga** (ou autotransfusão), em que o sangue é retirado previamente do paciente (ou paciente em potencial), armazenado e transfundido para o próprio doador quando necessário, como em casos de cirurgia. Além disso, novas tecnologias permitem a reutilização de sangue "perdido" durante procedimentos cirúrgicos. O sangue é coletado e filtrado; as plaquetas são removidas e o remanescente de sangue é reinfundido no paciente.

TABELA 20.1 Funções do sangue

1. *Transporte de gases dissolvidos*, conduzindo o oxigênio dos pulmões para os tecidos e o dióxido de carbono, dos tecidos para os pulmões.
2. *Distribuição de nutrientes* absorvidos a partir do trato digestório ou liberados dos estoques de armazenamento no tecido adiposo ou no fígado.
3. *Transporte de resíduos metabólicos* de tecidos periféricos para locais de excreção, em especial os rins.
4. *Distribuição de enzimas e hormônios* para tecidos-alvo específicos.
5. *Estabilização do pH e composição eletrolítica de líquidos intersticiais* por todo o corpo. Através da absorção, transporte e liberação de íons, conforme circula, o sangue ajuda a prevenir variações de concentração iônica nos tecidos do corpo. Uma ampla gama de soluções-tampão dá condições à corrente sangüínea de neutralizar os ácidos gerados por tecidos, como o ácido láctico produzido pelos músculos esqueléticos.
6. *Prevenção da perda de líquidos* por vasos danificados ou em outros locais lesados. A **reação de coagulação** sela paredes de vasos sangüíneos rompidas, evitando modificações no volume de sangue que poderiam afetar significativamente a pressão arterial e a função circulatória.
7. *Defesa contra toxinas e patógenos*. O sangue transporta *leucócitos*, células especializadas que migram em direção aos tecidos periféricos para combater infecções ou remover resíduos, e leva *anticorpos*, proteínas especiais que atacam agentes invasores ou elementos estranhos. O sangue também recolhe toxinas, como as produzidas por infecções, e as transporta até os rins e o fígado, onde podem ser excretadas ou inativadas.
8. *Estabilização da temperatura corporal* por absorção e redistribuição de calor. Músculos esqueléticos ativos e outros tecidos geram calor, e a corrente sangüínea o redistribui. Quando a temperatura do corpo está muito elevada, ocorre um aumento do fluxo sangüíneo cutâneo, aumentando a velocidade da perda de calor através da superfície do corpo. Quando a temperatura do corpo está muito baixa, o sangue aquecido é direcionado para os órgãos mais sensíveis à perda de calor. Estas mudanças no fluxo sangüíneo são controladas e coordenadas pelos *centros vasomotores* situados no bulbo. pág. 414

(a)



Amostra de sangue

consiste em

Plasma (46-63%)

+

Elementos figurados (37-54%)

COMPOSIÇÃO DO PLASMA	
Proteínas plasmáticas	7%
Outros solutos	1%
Água	92%
Transporta moléculas orgânicas e inorgânicas, elementos figurados e conduz calor	

(b) Componentes do plasma

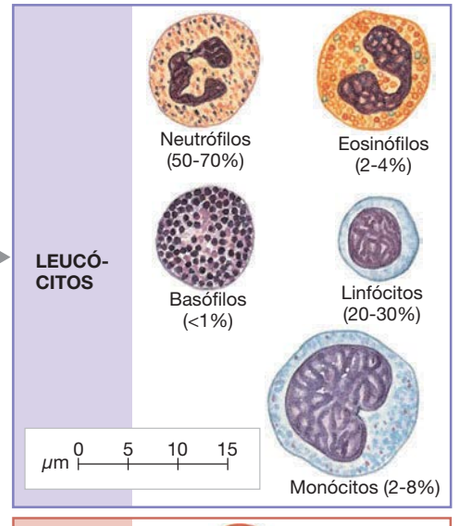
PROTEÍNAS PLASMÁTICAS	
Albuminas (60%)	Principais contribuintes para a pressão osmótica do plasma; transportam lipídeos e hormônios esteróides
Globulinas (35%)	Transportam íons, hormônios, lipídeos; função imunológica
Fibrinogênio (4%)	Componente essencial do sistema de coagulação; pode ser convertido em fibrina insolúvel
Proteínas regulatórias (<1%)	Enzimas, proteoenzimas, hormônios

OUTROS SOLUTOS	
Eletrólitos	Composição iônica do líquido extracelular normal, essencial para atividades celulares vitais Os íons contribuem para a pressão osmótica dos líquidos corporais Os principais eletrólitos do plasma são Na^+, K^+, Ca^{2+}, Mg^{2+}, Cl^-, HCO_3^-, HPO_4^-, SO_4^{2-}
Nutrientes orgânicos	Usados para a produção de ATP, crescimento e manutenção celular; incluem lipídeos (ácidos graxos, colesterol e glicerídeos), carboidratos (principalmente glicose) e aminoácidos
Resíduos orgânicos	Transportados até locais específicos para quebra ou excreção; incluem uréia, ácido úrico, creatinina, bilirrubina, íons amônia

ELEMENTOS FIGURADOS	
Plaquetas	0,1%
Leucócitos	
Hemácias	99,9%

(c) Elementos figurados do sangue

PLAQUETAS



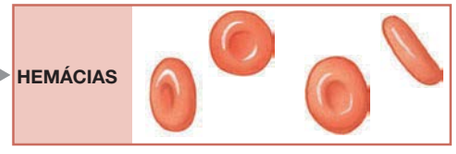


Figura 20.1 A composição do sangue total.
Os intervalos percentuais para os leucócitos indicam a variação normal observada em uma contagem de 100 leucócitos em um indivíduo saudável.

glóbulos vermelhos ou eritrócitos transportam oxigênio e dióxido de carbono. Os **leucócitos** ou **glóbulos brancos** são menos numerosos e integram o sistema imunológico. As **plaquetas** são pequenas cápsulas de citoplasma, delimitadas por membrana citoplasmática, contendo enzimas e outros fatores essenciais para a *coagulação sangüínea*.

O **sangue** é uma mistura de plasma e elementos figurados. Seus componentes podem ser separados, ou **fracionados**, para propósitos de análise clínica. O sangue apresenta consistência espessa, resistência ao fluxo e característica coesa, fatores que determinam a **viscosidade** de uma solução. Soluções são geralmente comparadas à água pura, que apresenta valor de viscosidade equivalente a 1,0. O plasma apresenta uma viscosidade de 1,5, mas a viscosidade do sangue é bem maior (cerca de 5,0) em função da interações entre as moléculas de água e os elementos figurados.

Em média, existem cerca de 5 a 6 litros de sangue no sistema circulatório de um homem adulto, e 4 a 5 litros no sistema circulatório de uma mulher adulta. O sangue apresenta pH alcalino (variando de 7,35 a 7,45) e temperatura ligeiramente superior à temperatura corporal (38ºC *versus* 37ºC). Clinicamente, utilizam-se os termos **hipovolêmico**, **normovolê-**

TABELA 20.2 Composição do sangue

Componente	Importância
PLASMA	
Água	Dissolve e transporta moléculas orgânicas e inorgânicas, distribui células sangüíneas e transfere calor
Eletrólitos	Composição iônica do líquido extracelular normal essencial para as atividades celulares vitais
Nutrientes	Utilizados para a produção de energia, crescimento e manutenção das células
Resíduos orgânicos	Transportados a locais de quebra e excreção
Proteínas	
Albuminas	Principais contribuintes para a concentração osmótica do plasma; transportam alguns lipídeos
Globulinas	Transportam íons, hormônios e lipídeos
Fibrinogênio	Componente essencial do sistema de coagulação; pode ser convertido em fibrina insolúvel
ELEMENTOS FIGURADOS	
Hemácias	Transportam gases (oxigênio e dióxido de carbono)
Leucócitos	Defendem o corpo contra patógenos; removem toxinas, resíduos e células danificadas
Plaquetas	Participam da resposta de coagulação

mico e **hipervolêmico** para fazer referência a volumes de sangue abaixo, dentro ou acima dos níveis normais, respectivamente. Volumes sangüíneos acima ou abaixo dos níveis de normalidade determinam condições de risco – por exemplo, a hipervolemia pode acarretar sobrecarga cardíaca (hipertensão arterial), exigindo que o coração impulsione o líquido em excesso dentro do sistema circulatório.

Plasma [Figura 20.1 e Tabela 20.2]

O plasma é responsável por aproximadamente 55% do volume de sangue, e a água é responsável por 92% do volume do plasma. Estes são valores médios, e a concentração do sangue varia de acordo com a região do sistema circulatório ou a área do corpo em que a amostra de sangue foi coletada, dependendo também da atividade em andamento naquela região em particular. Informações relativas à composição do plasma estão resumidas na Figura 20.1 e na Tabela 20.2.

Diferenças entre plasma e líquido intersticial

Em muitos aspectos, o plasma assemelha-se ao líquido intersticial. Por exemplo, as concentrações iônicas no plasma são similares àquelas do líquido intersticial, mas muito diferentes das concentrações iônicas no citoplasma. A principal diferença entre o plasma e o líquido intersticial envolve a concentração de gases dissolvidos e proteínas.

1. *Concentrações de oxigênio e dióxido de carbono dissolvidos*: A concentração de oxigênio dissolvido no plasma é maior em relação ao líquido intersticial. Como resultado, o oxigênio difunde-se para fora da corrente sangüínea e para dentro dos tecidos periféricos. A concentração de dióxido de carbono no líquido intersticial é muito superior em relação ao plasma, de modo que o dióxido de carbono difunde-se para fora dos tecidos e para dentro da corrente sangüínea.
2. *Concentrações de proteínas dissolvidas*: O plasma contém quantidades significantes de proteína dissolvida, o que não é observado no líquido intersticial. A maior parte das proteínas do plasma apresenta grande dimensão e formato globular, características que evitam a passagem destas através das paredes dos capilares, fazendo com que elas permaneçam contidas dentro do sistema circulatório.

As proteínas do plasma [Figuras 20.1/20.7]

As proteínas do plasma são responsáveis por aproximadamente 7% da composição do plasma (Figura 20.1). Normalmente, 100 mm^3 de plasma humano contêm entre 6 e 7,8 g de proteínas solúveis. Há três principais classes de proteínas plasmáticas: *albuminas*, *globulinas* e *fibrinogênio*.

1. As **albuminas** constituem aproximadamente 60% das proteínas do plasma. Como as proteínas mais abundantes, são os agentes que mais contribuem para a manutenção da pressão osmótica do plasma. Elas também são importantes no transporte de ácidos graxos, hormônios esteróides e outras substâncias. As albuminas são as menores das principais proteínas do plasma.
2. As **globulinas** são responsáveis por aproximadamente 35% da população de proteínas do plasma. As globulinas incluem tanto as *imunoglobulinas* quanto as *globulinas de transporte*. As **imunoglobulinas**, também denominadas **anticorpos**, atacam proteínas estranhas e patógenos. As **globulinas de transporte** ligam-se a pequenos íons, hormônios ou compostos que são insolúveis ou podem ser filtrados para fora do sangue, nos rins.
3. O **fibrinogênio** é responsável por cerca de 4% de todas as proteínas do plasma. É a maior proteína do plasma, essencial para a coagulação normal do sangue. Sob determinadas condições, moléculas de fibrinogênio interagem entre si, formando extensos e insolúveis cordões de *fibrina*. Estas fibras oferecem estrutura de sustentação básica para a formação de coágulo (Figura 20.7, pág. 541). Caso algumas medidas não sejam tomadas para evitar a coagulação, haverá conversão de fibrinogênio em fibrina em uma amostra de plasma. Esta conversão remove as proteínas de coagulação, deixando um líquido conhecido como **soro**.

Tanto as albuminas quanto as globulinas podem anexar-se a lipídeos, como triglicerídeos, ácidos graxos ou colesterol, que não são solúveis em água. Estas combinações lipoprotéicas, denominadas **lipoproteínas**, rapidamente dissolvem-se no plasma, e é desta forma que os lipídeos são distribuídos para os tecidos periféricos.

O fígado sintetiza e libera mais de 90% das proteínas do plasma. Uma vez que o fígado é a fonte primária das proteínas plasmáticas, distúrbios hepáticos podem alterar a composição e as propriedades funcionais do sangue. Por exemplo, algumas formas de doenças hepáticas podem resultar em sangramento descontrolado, causado por alterações da síntese de fibrinogênio e outras proteínas do plasma envolvidas na resposta de coagulação.

Nota clínica

Expansores de plasma Expansores de plasma são soluções que podem ser utilizadas para aumentar temporariamente o volume de sangue, por um período de horas, durante a preparação para transfusão sangüínea. Os expansores de plasma contêm moléculas grandes de carboidrato, mais do que proteínas dissolvidas, para manter a osmolaridade adequada. Embora esses carboidratos não sejam metabolizados, são gradualmente removidos da circulação por células fagocitárias, e o volume de sangue decresce de modo constante. Os expansores de plasma são facilmente restabelecidos, e sua preparação estéril garante a ausência de contaminação bacteriana ou viral. Apesar de oferecerem uma solução temporária para a hipovolemia (diminuição do volume de sangue circulante), os expansores de plasma não conseguem aumentar a quantidade de oxigênio distribuído para os tecidos periféricos.

REVISÃO DOS CONCEITOS

1. De que modo o fluxo sangüíneo lento afeta a estabilidade da temperatura corporal?
2. Um indivíduo é diagnosticado com hipovolemia; de que forma a pressão arterial pode ser afetada?
3. Por que o sangue apresenta característica de alta viscosidade?

Veja a seção de Respostas na parte final do livro.

Elementos figurados [Tabela 20.3]

Os principais componentes celulares do sangue são as *hemácias*, ou *glóbulos vermelhos* ou *eritrócitos*, e os *leucócitos*, ou *glóbulos brancos*. Existem duas classes principais de leucócitos: *granulócitos* (com grânulos) e *agranulócitos* (sem grânulos). Além disso, o sangue contém elementos figurados não-celulares denominados *plaquetas*, que atuam na resposta de coagulação. A Tabela 20.3 resume a informação relacionada aos elementos figurados do sangue.

Hemácias ou glóbulos vermelhos (GVs) ou eritrócitos (*erythros*, vermelho) [Figura 20.1]

As **hemácias** são responsáveis por quase metade do total do volume sangüíneo (Figura 20.1). O valor de **hematócrito** indica a porcentagem de hemácias que contribuem para o volume de sangue total. O hematócrito normal de um homem adulto é aproximadamente 45 (intervalo normal: 40-54); a média normal para uma mulher adulta é 42 (intervalo normal: 37-47). Visto que o sangue contém aproximadamente 1.000 eritrócitos para cada leucócito, o hematócrito aproxima-se do volume de eritrócitos. Como resultado, o valor do hematócrito é freqüentemente referido como **volume concentrado de glóbulos vermelhos** (**VCGV**) ou simplesmente **volume globular** (**VG**).

O número de eritrócitos no sangue de um indivíduo normal é impressionante: um milímetro cúbico (mm^3) de sangue de um homem contém em média 5,4 milhões de eritrócitos, e na mulher aproximadamente 4,8 milhões. Existem cerca de 260 milhões de glóbulos vermelhos em uma única gota de sangue e 25 trilhões ($2,5 \times 10^{13}$) de glóbulos vermelhos no sangue de um adulto.

Estrutura das hemácias [Figura 20.2]

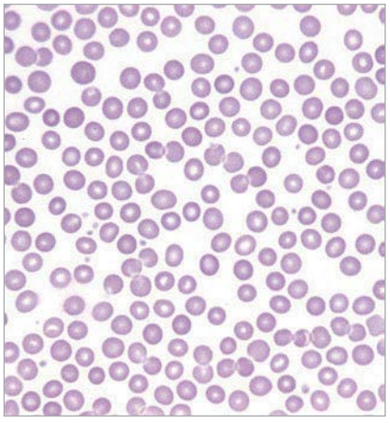
As hemácias transportam tanto oxigênio quanto dióxido de carbono dentro da corrente sangüínea. Estão entre as células mais especializadas do corpo, e estas especializações anatômicas são evidentes quando as hemácias são comparadas com células "típicas" do organismo. pág. 29 A Figura 20.2a,b mostra diferenças importantes observadas através da microscopia de luz e eletrônica. Cada glóbulo vermelho consiste em um disco bicôncavo, que apresenta uma região central delgada e margem externa espessa (Figura 20.2c). O diâmetro de um eritrócito típico, medido em uma lâmina-padrão de sangue, é aproximadamente 7,7 µm; apresenta espessura máxima de aproximadamente 2,85 µm na margem, porém a região central, mais delgada, mede cerca de 0,8 µm.

Esta forma bicôncava incomum, que confere resistência e flexibilidade, também proporciona para cada glóbulo vermelho uma área superficial desproporcionalmente grande para uma célula do seu tamanho. A grande área superficial permite rápida difusão entre o citoplasma do glóbulo vermelho e o plasma circundante. Como o sangue

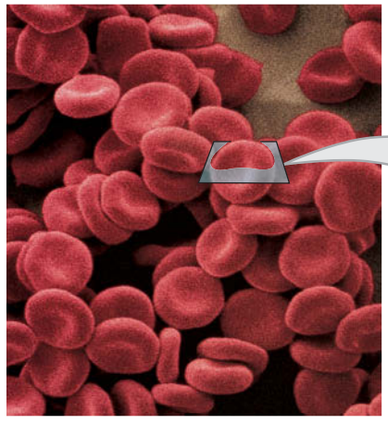
TABELA 20.3 Uma revisão dos elementos figurados do sangue

Elementos figurados	Quantidade (por mm^3)	Características	Funções	Observações
HEMÁCIAS	5,2 milhões (intervalo: 4,4-6,0 milhões)	Discos bicôncavos sem núcleo, mitocôndrias, ou ribossomos; coloração vermelha devido à presença de moléculas de hemoglobina	Transportam oxigênio dos pulmões para os tecidos e dióxido de carbono dos tecidos para os pulmões	Expectativa de vida de aproximadamente 120 dias; reutilização de aminoácidos e ferro; produzidos na medula óssea
LEUCÓCITOS	7.000 (intervalo: 6.000-9.000)			
Granulócitos				
Neutrófilos	4.150 (intervalo: 1.800-7.300) contagem diferencial: 57%	Célula redonda; núcleo similar a uma série de "contas"; citoplasma contém inclusões grandes e pálidas	Fagocitária; fagocitam patógenos ou resíduos em tecidos	Sobrevivem de minutos a dias, dependendo de sua atividade; produzidos na medula óssea
Eosinófilos	165 (intervalo: 0-700) contagem diferencial: 2,4%	Célula redonda; núcleo geralmente bilobado; citoplasma contém grandes grânulos laranja-avermelhados, assim corados por tinturas ácidas	Atacam todas as células ou substâncias químicas que estiverem marcadas por anticorpos; importantes para combater infecções parasitárias; suprimem a inflamação	Produzidos na medula óssea
Basófilos	44 (intervalo: 0-150) contagem diferencial: 0,6%	Célula redonda; o núcleo em geral não pode ser visto por causa dos densos grânulos roxo-azulados no citoplasma	Entram no tecido danificado e liberam histamina e outras substâncias químicas	Auxiliam mastócitos dos tecidos a produzirem a inflamação; produzidos na medula óssea
Agranulócitos				
Monócitos	456 (intervalo: 200-950) contagem diferencial: 6,5%	Núcleo muito grande em formato de feijão; citoplasma pálido e abundante	Entram nos tecidos para se tornar macrófagos livres; fagocitam patógenos ou restos celulares	Produzidos principalmente na medula óssea
Linfócitos	2.185 (intervalo: 1.500-4.000) contagem diferencial: 30%	Ligeiramente maiores do que os glóbulos vermelhos; núcleo redondo; pouco citoplasma	Células do sistema linfático; oferecem defesa contra patógenos específicos ou toxinas	Células T atacam diretamente; células B formam plasmócitos que secretam anticorpos; produzidos na medula óssea e nos tecidos linfáticos
PLAQUETAS	350.000 (intervalo: 150.000-500.000)	Fragmentos citoplasmáticos; contêm enzimas e proteoenzimas; sem núcleo	Hemóstase: agrupam-se e aderem-se à parede do vaso (fase plaquetária); ativam vias intrínsecas da fase de coagulação	Produzidas por megacariócitos na medula óssea

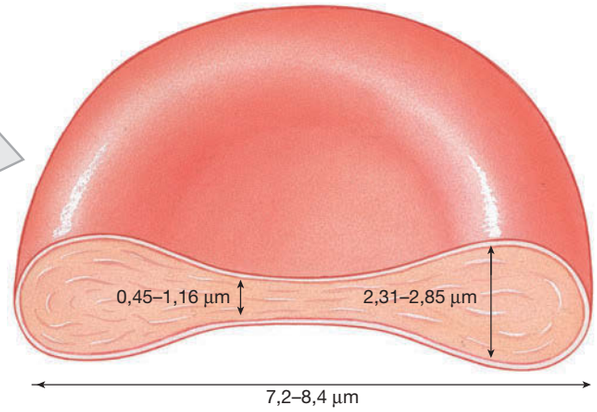
Os valores apresentados são médias. Contagem diferencial: porcentagem de leucócitos circulantes.



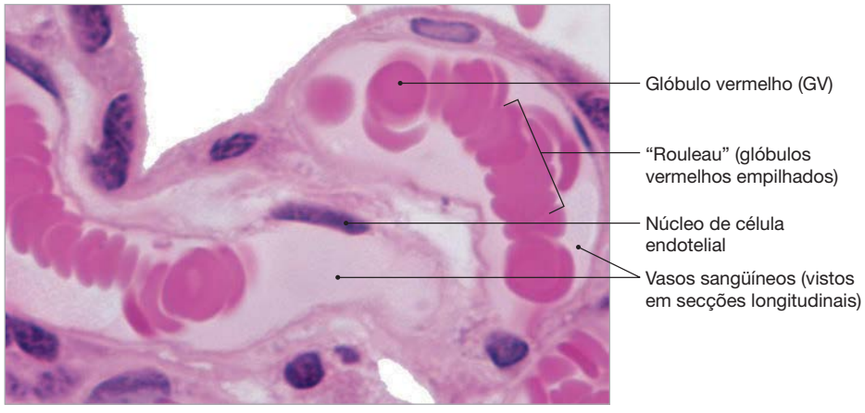
(a) Lâmina histológica de sangue



(b) MEV de glóbulos vermelhos



(c) Vista em secção de glóbulo vermelho



(d) Vista em secção de capilares

Figura 20.2 Microcospia das hemácias.
(a) Quando vistos em lâminas histológicas típicas, os glóbulos vermelhos apresentam aparência bidimensional por terem sido planificados contra a superfície da lamínula. (ML x 477) **(b)** Uma micrografia eletrônica de varredura de glóbulos vermelhos revela claramente suas estruturas tridimensionais. (MEV x 1.838) **(c)** Vista em secção de um glóbulo vermelho. **(d)** Ao atravessar capilares relativamente delgados, os eritrócitos podem formar "pilhas", como se fossem de pratos, formando "roleaux". (ML x 1.430)

circula dos capilares pulmonares para os capilares periféricos e retorna destes para os capilares pulmonares, os gases da respiração (oxigênio e dióxido de carbono) são absorvidos e liberados pelos glóbulos vermelhos. A área superficial total dos glóbulos vermelhos no sangue de um adulto equivale aproximadamente a 3.800 m^2, 2.000 vezes a área de superfície total do corpo.

O formato bicôncavo também permite que os eritrócitos formem pilhas, de aparência cilíndrica, como pratos empilhados. Essas pilhas, denominadas "**rouleaux**" ("pequenos rolos", singular *rouleau*), formam-se e se dissociam repetidamente, sem afetar as células envolvidas. Um "rouleau" pode passar ao longo de um vaso sangüíneo pouco maior do que o diâmetro de um único eritrócito (**Figura 20.2d**), enquanto células individuais colidiriam com as paredes, poderiam se dobrar e formar aglomerados que bloqueariam a luz do vaso. Finalmente, o perfil delgado de um eritrócito confere à célula flexibilidade considerável; os eritrócitos podem encurvar-se e se dobrar com aparente facilidade e, pela modificação do seu formato, glóbulos vermelhos individuais podem adaptar-se e passar por capilares de pequeno calibre, tortuosos ou comprimidos.

Ciclo de vida das hemácias e circulação

Durante sua diferenciação e maturação, os glóbulos vermelhos perdem a maioria de suas organelas, mantendo apenas um extenso citoesqueleto. Como resultado, os glóbulos vermelhos circulantes não apresentam mitocôndrias, retículos endoplasmáticos, ribossomos e núcleos. (O processo de formação dos glóbulos vermelhos será descrito em uma seção posterior.) Sem mitocôndrias, estas células só podem obter energia através de metabolismo anaeróbio e dependem de glicose obtida do plasma circundante. Este mecanismo garante que o oxigênio absorvido será conduzido

Nota clínica

Anemia e policitemia Há **anemia** quando a capacidade de transporte de oxigênio do sangue encontra-se reduzida, diminuindo a distribuição de oxigênio aos tecidos periféricos. Tal redução causa uma variedade de sintomas, incluindo fadiga muscular precoce, fraqueza, letargia e falta geral de energia. Pode haver anemia porque o hematócrito está anormalmente baixo ou porque a quantidade de hemoglobina no glóbulo vermelho está reduzida. Testes laboratoriais típicos podem ser utilizados para diferenciar as várias formas de anemia, com base no número, tamanho, formato e conteúdo de hemoglobina dos glóbulos vermelhos.

Um valor elevado do hematócrito com volume sangüíneo normal constitui a chamada **policitemia**. Existem diversos tipos de policitemia. A **eritrocitose**, uma policitemia que atinge apenas os glóbulos vermelhos, será considerada posteriormente neste capítulo. A **policitemia vera** ("policitemia verdadeira") resulta de um aumento no número de todos os tipos de células sangüíneas. Muitas, se não todas, as células sangüíneas desenvolvem-se a partir de uma célula-tronco hematopoiética anômala. O hematócrito pode chegar a atingir 80-90, nível em que os tecidos começam a apresentar carência de oxigênio devido à obstrução dos vasos menores pelos próprios glóbulos vermelhos. Esta doença raramente afeta jovens; a maioria dos casos envolve indivíduos entre 60 e 80 anos de idade. Há algumas opções de tratamento, mas nenhuma delas cura a doença. A causa da policitemia vera é desconhecida, apesar de haver algumas evidências de que a condição esteja relacionada à exposição à radiação.

aos tecidos periféricos. A ausência de núcleo ou ribossomos implica a impossibilidade de ocorrer síntese protéica; assim, um glóbulo vermelho não substitui enzimas danificadas ou proteínas estruturais.

Este é um sério problema, porque um eritrócito está sempre exposto a estresse intenso. Um único circuito no sistema circulatório geralmente leva menos de 30 segundos. Neste intervalo de tempo, um único glóbulo vermelho empilha-se em "rouleaux", sofre distorções ao longo dos capilares e precipita-se de volta ao coração para o início de um novo ciclo. Com todo este desgaste e sem nenhum mecanismo de reparação, um glóbulo vermelho típico apresenta um curto ciclo de vida, de cerca de 120 dias. Após percorrer cerca de 1.130 km em 120 dias, tanto as rupturas no plasmalema quanto as células envelhecidas são detectadas e destruídas por células fagocitárias. Cerca de 1% dos eritrócitos circulantes são substituídos todos os dias e, durante o processo, aproximadamente 3 milhões de novos eritrócitos entram na circulação *a cada segundo*!

Hemácias e hemoglobina [Figura 20.3]

Um eritrócito em desenvolvimento perde todos os componentes intracelulares não associados diretamente com suas funções primárias: transporte de dióxido de carbono e oxigênio. Um glóbulo vermelho maduro consiste em um plasmalema circundando o citoplasma, contendo água (66%) e proteínas (aproximadamente 33%). Moléculas de **hemoglobina (Hb)** são responsáveis por mais de 95% das proteínas dos eritrócitos. É a hemoglobina que confere a capacidade da célula de transportar oxigênio e dióxido de carbono. A hemoglobina é um pigmento vermelho; a presença dela confere ao sangue sua característica coloração vermelha. A hemoglobina oxigenada apresenta uma coloração vermelha brilhante, enquanto a hemoglobina desoxigenada apresenta uma coloração vermelha escura, o que explica a diferença de coloração entre o sangue arterial (rico em oxigênio) e o sangue venoso (pobre em oxigênio).

Cada molécula de hemoglobina apresenta um formato complexo e é composta de quatro subunidades de polipeptídeos: duas *cadeias alfa* (α) e duas *cadeias beta* (β). Cada subunidade possui uma única molécula de **heme** (**Figura 20.3**). Cada unidade heme apresenta uma unidade de ferro (Fe^{2+}), de tal forma que pode interagir com uma molécula de oxigênio. A ligação ferro-oxigênio é bastante fraca, e os dois elementos separam-se facilmente sem que haja risco de lesão à hemoglobina ou à molécula de oxigênio. Existem aproximadamente 280 milhões de moléculas de hemoglobina em cada glóbulo vermelho normal e, como a molécula de hemoglobina contém quatro unidades heme, cada eritrócito pode transportar, potencialmente, mais de um bilhão de moléculas de oxigênio. A hemoglobina também transporta aproximadamente 23% do dióxido de carbono conduzido no sangue. O dióxido de carbono liga-se a aminoácidos das subunidades de globina e, assim, não compete com o oxigênio pelas ligações com o íon ferro. A ligação do dióxido de carbono a uma subunidade de globina é reversível, da mesma forma que ocorre com a ligação do oxigênio à molécula de heme.

Como os glóbulos vermelhos circulam pelos capilares pulmonares, o oxigênio entra e o dióxido de carbono sai do plasma por difusão. Desta maneira, o nível plasmático de oxigênio aumenta e este difunde-se para o interior dos glóbulos vermelhos e liga-se à hemoglobina; por outro lado, com a diminuição do nível plasmático de dióxido de carbono, a hemoglobina libera o CO_2 que se difunde para o plasma. Em outras palavras, os glóbulos vermelhos absorvem oxigênio e liberam dióxido de carbono. Nos tecidos periféricos, a condição se inverte, pois células ativas consomem oxigênio e produzem dióxido de carbono. Conforme o sangue flui por estes tecidos, o oxigênio difunde-se do plasma para o tecido, e o dióxido de carbono, do tecido para o plasma. Os glóbulos vermelhos então liberam oxigênio e absorvem dióxido de carbono.

Tipos sangüíneos [Figura 20.4 e Tabela 20.4]

O **tipo sangüíneo** de um indivíuduo é determinado pela presença ou ausência de componentes específicos nos plasmalemas dos eritrócitos. O

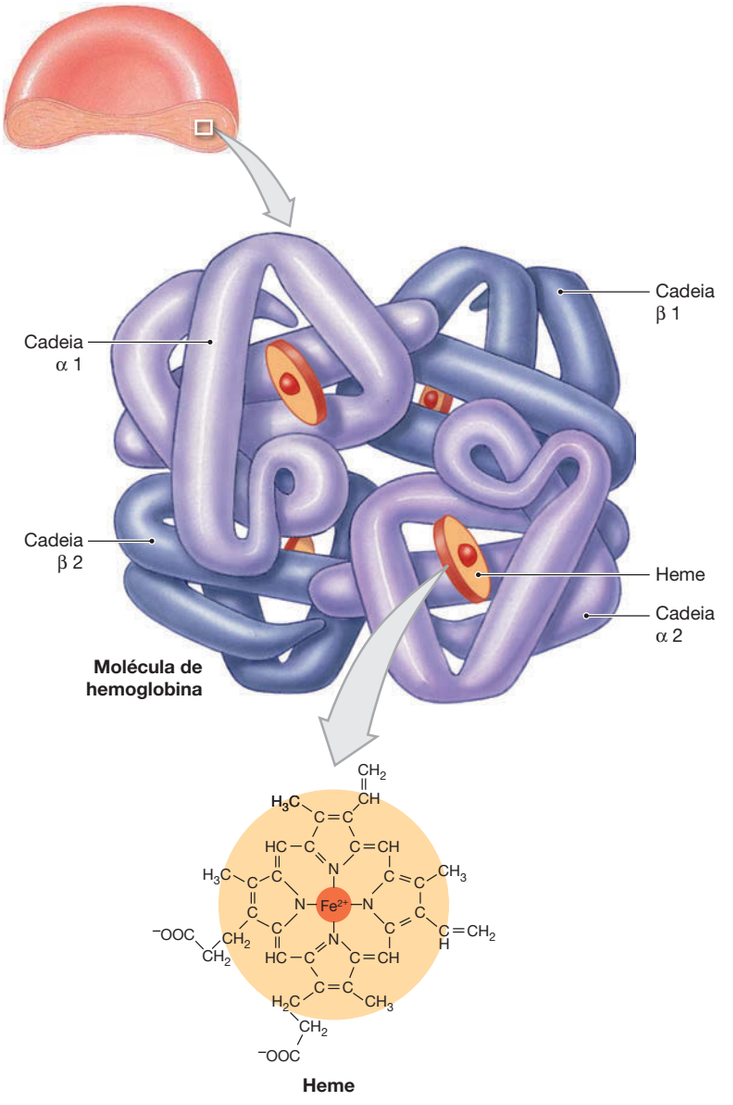


Figura 20.3 A estrutura da hemoglobina.
A hemoglobina consiste em quatro subunidades protéicas globulares. Cada subunidade contém uma molécula de heme, um anel de porfirina ao redor de um único íon ferro. É o íon ferro que faz uma ligação reversível com uma molécula de oxigênio.

Nota clínica

Níveis elevados de hemoglobina As transfusões de sangue são um recurso limitado e sempre oferecem algum risco. Na tentativa de se desenvolverem opções de menor risco, procedimentos em engenharia genética têm sido recentemente utilizados para sintetizar uma das subunidades da hemoglobina humana normal, que pode ser introduzida na circulação para aumentar a capacidade de transporte de oxigênio e aumentar a volemia. Uma estratégia alternativa envolve a remoção de moléculas de hemoglobina dos glóbulos vermelhos e a ligação delas a moléculas transportadoras inertes que evitarão que sejam perdidas nos rins. Uma terceira abordagem utiliza recursos naturais porém não-humanos. O FDA aprovou recentemente a realização de testes com um substituto do sangue denominado *Hemopure* que contém hemoglobina purificada extraída de bovinos. Como a hemoglobina é removida dos eritrócitos e infundida sem plasma, não são esperadas reações cruzadas.

Nota clínica

Anemia falciforme A *anemia falciforme* resulta de uma mutação que afeta a seqüência de aminoácidos na cadeia beta da molécula de hemoglobina. Quando o sangue contém grande quantidade de oxigênio, as moléculas de hemoglobina e os glóbulos vermelhos que as transportam parecem normais. Entretanto, quando a hemoglobina defeituosa libera uma quantidade suficiente de oxigênio, as moléculas de hemoglobina adjacentes agrupam-se em "bastões", e as células tornam-se enrijecidas e curvas. O formato curvo confere à célula um aspecto de foice (ou falciforme), tornando o glóbulo vermelho mais frágil e facilmente passível de dano mecânico. Além disso, ainda que os glóbulos vermelhos se dobrem para passar por capilares estreitos a fim de fazer a distribuição do oxigênio aos tecidos periféricos, as células falciformes podem ficar presas devido a este encurvamento e enrijecimento. Uma obstrução vascular pode ocorrer e os tecidos adjacentes tornam-se carentes de oxigênio. Atualmente, a anemia falciforme afeta cerca de 0,2% da população de afro-americanos, e de 0,07 a 0,1% de hispano-americanos.

Um indivíduo portador de anemia falciforme apresenta duas cópias de genes anômalos – uma herdada de cada progenitor. Se apenas uma cópia estiver presente, o indivíduo apresenta um *traço falciforme*. Um afro-americano em 12 apresenta o traço falciforme. Estes genes também estão presentes em alguns povos originários da região do Mediterrâneo, Oriente Médio e Leste da Índia.

Em um indivíduo portador do traço falciforme, a maior parte da hemoglobina apresenta formato normal e os glóbulos vermelhos também apresentam função normal. Entretanto, a presença de hemoglobina anômala confere ao indivíduo uma resistência adicional à infecção parasitária que causa a **malária**, uma doença transmitida pelo mosquito *Anopheles*. O parasita da malária entra na corrente sangüínea quando o indivíduo é picado pelo mosquito infectado. Os microrganismos invadem o interior dos glóbulos vermelhos e lá se reproduzem. Porém, ao penetrar nos glóbulos vermelhos de um indivíduo portador do traço falciforme, a célula responde ao estímulo adquirindo o formato de foice e enrijecendo-se. Os parasitas são mortos neste processo ou pela atração de fagócitos que os eliminam juntamente com o glóbulo vermelho falciforme. Em qualquer um destes casos, o indivíduo tolera melhor a infecção parasitária em relação aos indivíduos que não apresentam o traço falciforme, que apresentam maiores probabilidades de adoecer e mesmo morrer de malária.

Quando os glóbulos vermelhos falciformes prendem-se em um capilar e obstruem o fluxo sangüíneo, há dor local e, por fim, danos a uma variedade de órgãos e sistemas, dependendo do local e da duração das obstruções. Além disso, os glóbulos vermelhos presos morrem e quebram-se produzindo uma anemia hemolítica típica. Um glóbulo vermelho normal permanece na circulação por cerca de 120 dias; glóbulos vermelhos falciformes desaparecem em 10 a 20 dias. A perda acelerada de glóbulos vermelhos danifica o baço e excede a velocidade máxima de produção de glóbulos vermelhos. Transfusões sangüíneas de sangue normal podem evitar temporariamente complicações adicionais, e o tratamento com antibióticos de crianças acometidas reduz os óbitos relacionados a causas infecciosas. O aditivo alimentar ácido butanóico, encontrado na manteiga e em outros alimentos, parece ser efetivo na promoção da síntese de hemoglobina fetal. Em experimentos clínicos, seu uso tem sido eficaz no tratamento da anemia falciforme e de outras doenças causadas por anomalias estruturais da hemoglobina, como a talassemia beta.

plasmalema de um glóbulo vermelho típico contém numerosos **antígenos de superfície**, ou *aglutinógenos*, livres no plasma. Esses antígenos de superfície são glicoproteínas cujas características são determinadas geneticamente. Pelo menos 50 tipos de antígenos diferentes foram localizados na superfície de glóbulos vermelhos. Três, de particular importância, foram denominados antígenos de superfície **A**, **B** e **D (Rh).**

Os glóbulos vermelhos de cada indivíduo apresentam uma combinação específica de antígenos de superfície (Figura 20.4). Por exemplo, o sangue **tipo A** apresenta antígeno A, o **tipo B** apresenta antígeno B, o **tipo AB** apresenta os dois tipos de antígeno e o **tipo O** não apresenta nenhum desses antígenos. Os valores médios de distribuição desses tipos sangüíneos para a população dos Estados Unidos são tipo O, 46%; tipo A, 40%; tipo B, 10%; e tipo AB, 4%. Esses valores podem variar entre grupos étnicos (Tabela 20.4).

A presença do antígeno D ou Rh, algumas vezes denominado *fator Rh*, é indicada pelo termo **Rh-positivo** (presente) ou **Rh-negativo** (ausente). Ao registrar o tipo sangüíneo completo, o termo Rh é geralmente omitido, e o dado é descrito como O-negativo, A-positivo e assim por diante.

TABELA 20.4 Diferenças na distribuição dos grupos sangüíneos

População	Percentual de cada tipo sangüíneo				
	O	A	B	AB	Rh^+
Nos EUA (média)	46	40	10	4	85
Brancos	45	40	11	4	85
Afro-americanos	49	27	20	4	95
Chineses	42	27	25	6	100
Japoneses	31	39	21	10	100
Coreanos	32	28	30	10	100
Filipinos	44	22	29	6	100
Havaianos	46	46	5	3	100
Nativos norte-americanos	79	16	4	<1	100
Nativos sul-americanos	100	0	0	0	100
Aborígenes australianos	44	56	0	0	100

Anticorpos e reações cruzadas [Figura 20.4] Você provavelmente sabe que seu tipo sangüíneo precisa ser verificado antes de receber uma transfusão sangüínea. Os antígenos de superfície dos seus glóbulos vermelhos são ignorados pelo seu sistema imunológico. (Esta capacidade de autoreconhecimento celular será descrita no Capítulo 23.) Entretanto, seu plasma contém anticorpos (imunoglobulinas) programados para atacar antígenos de superfície "estranhos" ao corpo. Esses anticorpos são conhecidos como *aglutininas*. Indivíduos de sangue de tipo A, tipo B ou tipo O sempre contêm anticorpos que reagirão a antígenos estranhos (Figura 20.4a). Por exemplo, em um indivíduo de sangue tipo A, o plasma circulante contém anticorpos anti-B que atacarão eritrócitos tipo B (Figura 20.4b). Já em um indivíduo de sangue tipo B, o plasma circulante contém anticorpos anti-A que atacarão eritrócitos tipo A. Indivíduos de sangue tipo O não apresentam antígenos A e B, e o plasma contém anticorpos anti-A e anti-B. No outro extremo, o plasma de indivíduos do tipo AB não contém anticorpos anti-A nem anti-B.

Mesmo que um indivíduo de sangue tipo A nunca tenha sido exposto ao sangue tipo B, ele ainda apresentará anticorpos anti-B no plasma. Em contrapartida, o plasma de um indivíduo Rh-negativo nem sempre apresenta anticorpos anti-Rh. Esses anticorpos somente estarão presentes se o indivíduo tiver sido **sensibilizado** por exposição prévia a eritrócitos Rh-positivo. Tal exposição pode ocorrer acidentalmente durante uma transfusão, mas também pode acompanhar uma gestação aparentemente normal envolvendo uma mãe Rh-negativo e um feto Rh-positivo.

Quando um anticorpo encontra seu antígeno de superfície específico, ocorre uma **reação cruzada** (Figura 20.4b). Inicialmente, os eritrócitos

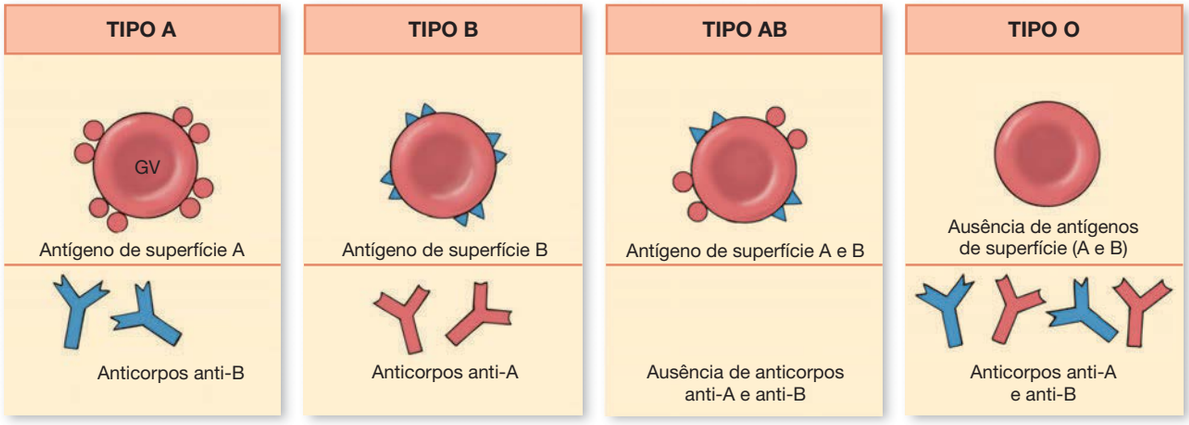


Figura 20.4 Tipagem sangüínea.
O tipo sangüíneo depende da presença de antígenos de superfície nos glóbulos vermelhos. O plasma contém anticorpos que reagirão com antígenos de superfície estranhos. As freqüências relativas de cada tipo sangüíneo na população americana estão indicadas na *Tabela 20.4*.

unem-se uns aos outros, um processo denominado **aglutinação**, podendo também haver **hemólise**, ou ruptura. Eritrócitos aglutinados e/ou fragmentados formam massas itinerantes que podem obstruir pequenos vasos nos rins, pulmões, coração ou encéfalo, ou destruir tecidos por privação de oxigênio causada pela interrupção do fluxo sangüíneo. Estas reações podem ser evitadas garantindo-se que os tipos sangüíneos do doador e do receptor sejam **compatíveis**. Na prática, este procedimento envolve a escolha do doador cujos glóbulos vermelhos não entrem em reação cruzada com o plasma do receptor.

REVISÃO DOS CONCEITOS

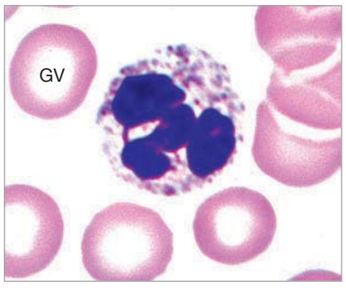
1. Se o valor do hematócrito de uma mulher é 42, qual é o percentual de glóbulos vermelhos presentes em seu sangue?
2. De que maneira o formato dos glóbulos vermelhos auxilia o fluxo sangüíneo e a difusão de oxigênio?
3. Os glóbulos vermelhos não apresentam núcleos ou ribossomos. Quais são os efeitos disto sobre o seu ciclo de vida?
4. Um indivíduo de sangue tipo AB pode receber sangue de qualquer outro tipo. Por quê?

Veja a seção de Respostas na parte final do livro.

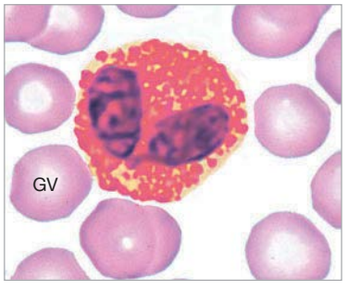
Leucócitos [Figura 20.5 e Tabela 20.3]

Os **leucócitos** (*leukos*, branco), ou glóbulos brancos, encontram-se na grande maioria dispersos nos tecidos periféricos. Os leucócitos circulantes representam apenas uma pequena porcentagem da sua população total. Os glóbulos brancos auxiliam na defesa do organismo contra invasões por patógenos e removem toxinas, resíduos e células anormais ou danificadas. Os glóbulos brancos contêm núcleos de tamanhos e formatos específicos (Figura 20.5). Todos os glóbulos brancos apresentam tamanho igual ou maior em relação aos glóbulos vermelhos. Existem duas principais classes de leucócitos: (1) **leucócitos granulares**, ou **granulócitos**, que apresentam inclusões granulares em seus citoplasmas; e (2) **leucócitos agranulares**, ou **agranulócitos**, que não apresentam grânulos citoplasmáticos visíveis à microscopia de luz. Leucócitos granulares e agranulares típicos são apresentados na Figura 20.5.

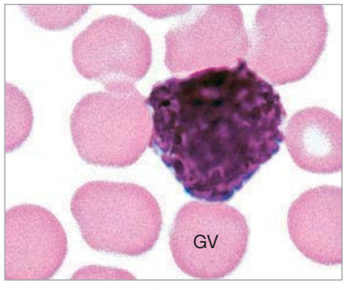
Uma lâmina típica de 1 mm^3 de sangue contém entre 6.000 e 9.000 glóbulos brancos. O termo **leucopenia** (*penia*, pobreza) refere-se a um número reduzido de leucócitos; contagens inferiores a 2.500/mm^3 geralmente são indicativas de doenças graves. O termo **leucocitose** refere-se à quantidade excessiva de leucócitos; contagens superiores a 30.000/mm^3 geralmente são indicativas de doenças graves. Uma pequena lâmina de sangue oferece uma **contagem diferencial** da população de glóbulos brancos. Os valores obtidos indicam o número de cada tipo de célula encontrada em uma amostra de 100 glóbulos brancos. Os intervalos da quantidade normal esperada de cada tipo de célula estão indicados na Tabela 20.3. Os sufixos *penia* e *ose* podem também ser utilizados para indicar contagens abaixo ou acima dos intervalos de normalidade, respectivamente, para cada tipo de glóbulo branco. Por exemplo, o termo *linfopenia* indica contagem de linfócitos abaixo do intervalo de normalidade, enquanto *linfocitose* indica quantidades anormalmente elevadas.



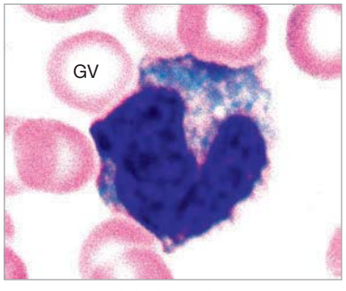
(a) Neutrófilo



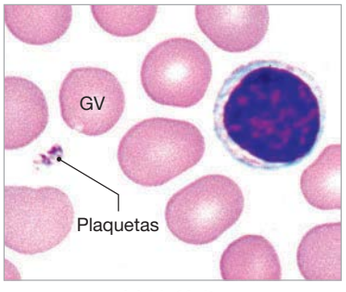
(b) Eosinófilo



(c) Basófilo



(d) Monócito



(e) Linfócito

Figura 20.5 Microscopia dos leucócitos.
Comparação histológica de leucócitos, vistos em lâminas histológicas típicas. **(a)** Neutrófilo. **(b)** Eosinófilo. **(c)** Basófilo. **(d)** Monócito. **(e)** Linfócito. Plaquetas são visíveis na parte (e) como pequenos fragmentos celulares entre os glóbulos vermelhos. (ML x 1.500)

Os leucócitos apresentam um ciclo de vida muito curto, geralmente de apenas alguns dias. Em casos de lesão, ou invasão de uma determinada área do corpo por organismos estranhos, um leucócito pode migrar através do revestimento endotelial de um capilar, passando por entre as células endoteliais. Este processo é conhecido como **diapedese**. A corrente sangüínea oferece transporte rápido para os glóbulos brancos até os locais lesados, onde são atraídos pelos sinais químicos de inflamação ou infecção no líquido intersticial adjacente. Esta atração a substâncias químicas específicas, denominada **quimiotaxia**, "arrasta" os glóbulos brancos na direção dos patógenos invasores, tecidos lesados e glóbulos brancos que já se encontram no tecido lesado.

Leucócitos granulares

Os leucócitos granulares são subdivididos de acordo com suas características de coloração em *neutrófilos*, *eosinófios* e *basófilos*. Neutrófilos e eosinófilos são importantes células fagocitárias que participam da resposta imunológica.

Neutrófilos [Figura 20.5a] De 50 a 70% dos glóbulos brancos do sangue são **neutrófilos**. Estas células são assim denominadas porque o citoplasma é carregado por grânulos de coloração neutra e pálida contendo enzimas lisossômicas e componentes bactericidas (ou antibacterianos). Cada neutrófilo maduro (Figura 20.5a) apresenta diâmetro entre 12 e 15 μm, aproximadamente o dobro do diâmetro de um glóbulo vermelho. Um neutrófilo apresenta um núcleo bastante denso e contorcido que pode ser condensado em lóbulos (como "contas" de um colar). Este atributo justifica outra denominação dada a estas células, **leucócitos polimorfonucleares** (*poli*, muitos + *morfos*, forma) ou **PMNs**.

Os neutrófilos são altamente móveis e em geral os primeiros glóbulos brancos a chegar ao local lesado. São fagócitos muito ativos, especializados em atacar e digerir bactérias. Os neutrófilos geralmente apresentam um ciclo de vida curto, sobrevivendo por apenas 12 horas. Após atividade intensa de fagocitose de fragmentos celulares residuais ou patógenos, o neutrófilo morre, porém sua "quebra" libera algumas substâncias químicas que atraem outros neutrófilos ao local, e outras que apresentam ampla atividade antibiótica contra os patógenos.

Eosinófilos [Figura 20.5b] Os **eosinófilos**, também conhecidos como **acidófilos**, são assim denominados porque seus grânulos coram-se pela *eosina*, um corante ácido e vermelho. Os eosinófilos apresentam tamanho semelhante ao dos neutrófilos e representam de 2 a 4% dos glóbulos brancos circulantes. Estas células apresentam grânulos vermelho-escuros e um núcleo bilobado (dois lobos), o que torna o eosinófilo facilmente identificável (Figura 20.5b). Os eosinófilos são células fagocitárias que são atraídas por componentes estranhos que reagiram com anticorpos circulantes. O número de eosinófilos aumenta drasticamente durante uma reação alérgica ou infecção parasitária. Os eosinófilos são atraídos para regiões lesadas, onde liberam enzimas que reduzem o grau de inflamação e restringem sua disseminação para tecidos adjacentes.

Basófilos [Figura 20.5c] Os **basófilos** são assim denominados por apresentarem numerosos grânulos que coram em presença de corantes de pH básico. Estas inclusões adquirem coloração roxo-escura ou azul, com corantes utilizados em lâminas-padrão de sangue (Figura 20.5c). Os basófilos são relativamente raros, sendo responsáveis por menos de 1% da população de leucócitos. Estas células migram para os locais lesados e atravessam o endotélio dos capilares, acumulando-se no interior dos tecidos lesados, onde liberam seus grânulos no líquido intersticial. Os grânulos contêm histamina, que dilata os vasos sangüíneos, e heparina, um composto que evita a coagulação do sangue. A liberação desta substância química aumenta a resposta inflamatória no local lesado, por meio do aumento da permeabilidade de capilares e vênulas. Os basófilos também liberam substâncias químicas que estimulam mastócitos e atraem mais basófilos e outros glóbulos brancos para a área lesada[1].

Leucócitos agranulares

O sangue circulante contém dois tipos de leucócitos agranulares: *monócitos* e *linfócitos*. Eles diferem tanto em estrutura quanto em função.

Monócitos [Figura 20.5d] Os maiores glóbulos brancos são os **monócitos**. Apresentam entre 16 e 20 μm de diâmetro, duas a três vezes o diâmetro de um glóbulo vermelho típico. Estas células são responsáveis por 2 a 8% da população dos glóbulos brancos. Eles são praticamente esféricos e sua aparência é ainda maior quando estão comprimidos em uma lâmina de sangue; são relativamente fáceis de serem identificados, pelo seu tamanho e pelo formato de seu núcleo. Cada célula apresenta um núcleo oval ou em formato de feijão ou à semelhança de um rim (Figura 20.5d). Os monócitos circulam por apenas alguns dias antes de entrar nos tecidos periféricos. Fora da corrente sangüínea, os monócitos são denominados *macrófagos livres*, para distingui-los dos *macrófagos fixos*, imóveis, encontrados em muitos tecidos conectivos. ∞ págs. 62-63
Os macrófagos livres são células fagocitárias altamente móveis. Geral-

[1] A histamina e outras substâncias químicas também são encontradas nos grânulos de mastócitos, células de tecido conectivo apresentadas no Capítulo 3, pág. 63, e os mastócitos de tecidos conectivos lesados também liberam seus grânulos. Entretanto, estas duas células são individualizadas e distintas.

mente chegam ao local da lesão logo após os primeiros neutrófilos. Em processo de fagocitose, os macrófagos livres e fixos liberam substâncias químicas que atraem e estimulam outros monócitos e outras células fagocitárias. Os macrófagos ativos também secretam substâncias que atraem fibroblastos para a região. Os fibroblastos começam a produzir uma densa rede de fibras colágenas em torno da região. O *tecido cicatricial* pode acabar isolando a área lesada. Os monócitos integram o **sistema mononuclear fagocitário** ou **sistema histiocitário**, que inclui tipos de células relacionadas, como os macrófagos fixos e células mais especializadas, como as células da micróglia do SNC, as células de Langerhans da pele e as células fagocitárias do fígado, baço e linfonodos.

Linfócitos [Figura 20.5e] **Linfócitos** típicos apresentam muito pouco citoplasma, apenas um halo delgado ao redor de um núcleo relativamente grande, redondo, de coloração roxa nas lâminas histológicas (Figura 20.5e). Em geral, os linfócitos são ligeiramente maiores que os glóbulos vermelhos e constituem cerca de 20 a 30% da população de glóbulos brancos. Os linfócitos presentes na circulação sangüínea representam um pequeno percentual de toda a população de linfócitos, pois os linfócitos são primariamente células constituintes do **sistema linfático**, uma rede de vasos e órgãos especiais, diferentes daqueles do sistema circulatório, mas a ele conectada.

Os linfócitos são responsáveis pela *imunidade específica*: a capacidade de constituir um contra-ataque à invasão de patógenos invasores ou proteínas estranhas *individualmente*. Os linfócitos respondem a tais ameaças de três maneiras. Um grupo de linfócitos, denominados **linfócitos T**, entra nos tecidos periféricos e ataca diretamente as células estranhas. Outro grupo de linfócitos, as **linfócitos B**, diferenciam-se em plasmócitos (células do plasma) que secretam anticorpos, os quais atacam células ou proteínas estranhas no corpo, à distância. Linfócitos B eT não são diferenciáveis à microscopia de luz. Os **linfócitos NK**, um terceiro grupo, algumas vezes chamado de *linfócitos granulares grandes*, são responsáveis pela *vigilância imunológica* e pela destruição de células teciduais anômalas. Essas células são importantes na prevenção do câncer. (O sistema linfático e a imunidade serão discutidos no Capítulo 23.)

Plaquetas [Figuras 20.5e/20.6/20.7]

Plaquetas são cápsulas planas e envolvidas por membrana, redondas quando observadas superiormente (Figura 20.5e) e fusiformes quando seccionadas. As plaquetas já foram consideradas como células cujos núcleos foram perdidos, pois funções semelhantes em outros vertebrados e mamíferos são realizadas por pequenas células sangüíneas nucleadas. Histologistas denominaram todas estas células de **trombócitos** (*trombos*, coágulo). Este termo ainda é utilizado, porém em mamíferos o termo *plaqueta* é mais adequado, pois estes elementos são enzimas encapsuladas em membranas, e não células individuais.

A medula óssea vermelha normal contém um número de células bastante incomuns, denominadas **megacariócitos** (*mega*, grande + *karyon*, núcleo + *cito*, célula). Como o nome sugere, são células enormes (de até 160 µm de diâmetro) com grandes núcleos (Figura 20.6). O denso núcleo pode ser lobado ou em formato de anel, e o citoplasma circundante contém aparelhos de Golgi, ribossomos e mitocôndrias em abundância. O plasmalema comunica-se com uma extensa rede de membranas que se irradia pelo citoplasma periférico.

Durante seu desenvolvimento e crescimento, os megacariócitos fabricam proteínas estruturais, enzimas e membranas. Eles então começam a eliminar citoplasma em pequenas cápsulas envoltas por membrana. Essas cápsulas são as plaquetas que entram na circulação. Um megacariócito maduro gradualmente perde todo o seu citoplasma, produzindo cerca de 4.000 plaquetas antes de ter seu núcleo fagocitado e quebrado para reciclagem.

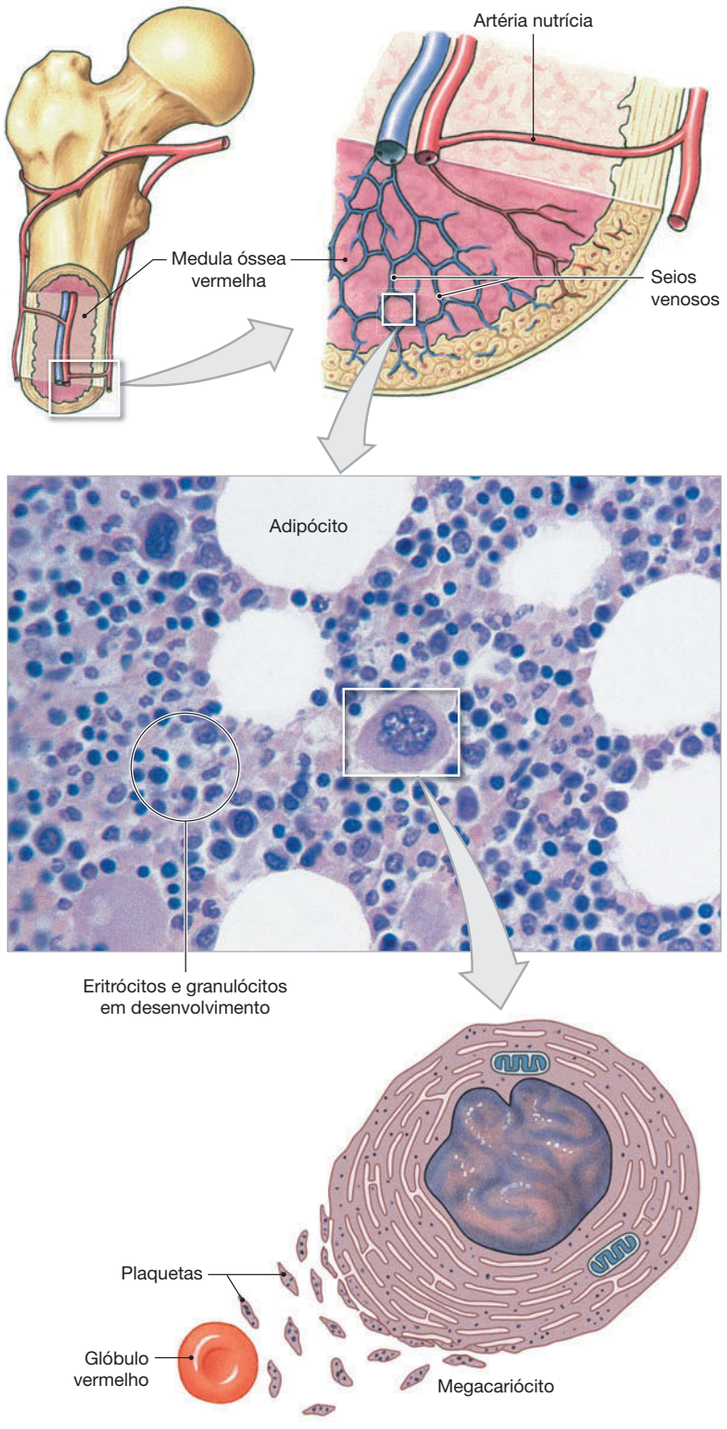


Figura 20.6 Microscopia dos megacariócitos e formação plaquetária. Histologicamente, os megacariócitos são visíveis em secções de medula óssea por causa de suas enormes dimensões e do formato peculiar de seus núcleos. Estas células perdem continuamente fragmentos do seu citoplasma, os quais entram na circulação como plaquetas. (ML x 673)

As plaquetas são continuamente repostas e circulam por 10 a 12 dias antes de serem removidas por fagócitos. Um milímetro cúbico (1 mm^3) de sangue circulante contém em média 350.000 plaquetas. Cerca de um terço das plaquetas do corpo ficam contidas no baço e em outros órgãos vasculares, e não no sangue circulante. Estas reservas podem ser mobili-

Nota clínica

Hemofilia A **hemofilia** é uma das muitas doenças hereditárias caracterizadas pela alteração na produção de fatores de coagulação. Sua incidência na população geral é de cerca de 1 em 10.000, sendo que a população masculina responde por 80 a 90% dos indivíduos acometidos. Na hemofilia A, a produção de um único fator de coagulação encontra-se reduzida; a gravidade da doença depende do grau desta redução. Em casos graves, sangramentos intensos acompanham os mais leves impactos mecânicos, além de ocorrerem hemorragias espontâneas em articulações e ao redor de músculos.

A transfusão de fatores de coagulação freqüentemente reduz ou controla os sintomas da hemofilia, porém é necessária a combinação de amostras de plasma de muitos indivíduos para a obtenção de quantidades adequadas de fatores. Este é um procedimento financeiramente caro e aumenta o risco de infecções transmissíveis pelo sangue, como a hepatite ou a AIDS. Técnicas de *splicing* (montagem) genética têm sido utilizadas para a produção do fator de coagulação mais freqüentemente envolvido (fator VIII). Ainda que os suprimentos sejam limitados, este procedimento deverá representar um método mais seguro de tratamento.

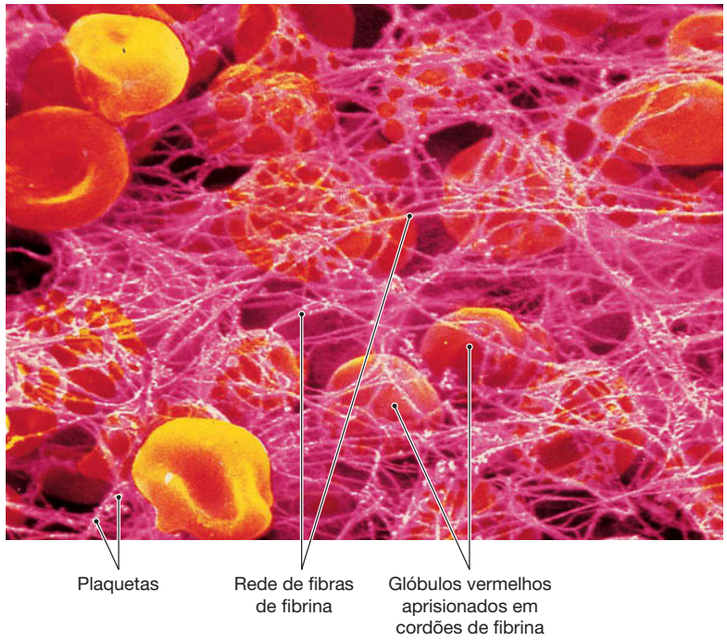


Figura 20.7 Estrutura de um coágulo sangüíneo.
Micrografia eletrônica de varredura colorida mostrando a rede de fibras que forma a estrutura de um coágulo. Glóbulos vermelhos aprisionados no coágulo aumentam o corpo desta massa e lhe conferem uma coloração vermelha. (MEV x 4.625)

zadas quando ocorre uma crise circulatória, como em um sangramento severo. Uma contagem plaquetária deficiente (80.000 por mm^3 ou menos) define uma condição denominada **trombocitopenia** e indica destruição excessiva de plaquetas ou uma produção plaquetária deficiente. Os sintomas incluem sangramento ao longo do trato digestório, sangramentos na pele e sangramentos ocasionais no SNC. Na **trombocitose**, a contagem de plaquetas pode exceder 1.000.000 por mm^3, o que geralmente resulta da formação acelerada de plaquetas em resposta à infecção, inflamação ou câncer.

As plaquetas participam de um *sistema de coagulação*, que inclui proteínas plasmáticas, além de células e tecidos da rede circulatória. O processo de **hemóstase** (*haima*, sangue + *stasis*, parada) evita a perda de sangue através das paredes de vasos danificados. Assim sendo, esse processo tanto restringe a perda de sangue quanto estabelece uma estrutura para reparação tecidual. Uma amostra de coágulo sangüíneo é apresentada na Figura 20.7.

A hemóstase envolve uma cadeia complexa de eventos; uma doença que afete qualquer um dos passos dessa complexa cadeia pode interromper todo o processo. Além disso, há condições gerais necessárias para o funcionamento – por exemplo, uma deficiência dos íons cálcio ou de vitamina K interferirá em praticamente todos os aspectos da hemóstase.

As funções das plaquetas incluem:

1. *Transporte de substâncias químicas importantes para o processo de coagulação*: Pela liberação de enzimas e outros fatores nos tempos apropriados, as plaquetas ajudam a iniciar e controlar o processo de coagulação.
2. *Formação de um tamponamento temporário na parede de vasos sangüíneos danificados*: As plaquetas agrupam-se em um local lesado, formando um "*tampão plaquetário*" que pode reduzir a velocidade da perda sangüínea durante o processo de coagulação.
3. *Contração ativa após a formação do coágulo*: As plaquetas contêm filamentos de actina e miosina que podem interagir para produzir contração, causando seu encurtamento. Após a formação do coágulo, a contração das plaquetas reduz o tamanho do coágulo, tracionando e aproximando as margens do ferimento ou corte da parede do vaso.

REVISÃO DOS CONCEITOS

1. Que tipo de glóbulo branco deve se apresentar em quantidades aumentadas em um corte infeccionado?
2. O que é trombocitose, e quando ela ocorre?
3. Em caso de reação alérgica, que tipo de glóbulo branco aumenta drasticamente?
4. Qual é a função dos grânulos nos basófilos?

Veja a seção de Respostas na parte final do livro.

Hematopoiese [Figura 20.8]

O processo de formação de células sangüíneas é denominado **hematopoiese**. As células sangüíneas aparecem na circulação durante a terceira semana do desenvolvimento embriológico. Essas células dividem-se repetidamente e aumentam em número. Com o surgimento de outros órgãos, algumas das células sangüíneas do embrião migram da circulação para o interior do fígado, baço, timo e medula óssea (Figura 20.8). Estas células do embrião diferenciam-se em células-tronco que se dividem e produzem células sangüíneas. Com o crescimento do esqueleto, aumenta a importância da medula óssea; no adulto, a medula óssea é o principal local de formação de células sangüíneas.

As células-tronco, denominadas **células-tronco pluripotentes**, ou *hemocitoblastos*, geram todas as células sangüíneas, mas o processo ocorre em vários passos seqüenciais. As células-tronco pluripotentes dão origem a duas células-tronco multipotentes: as **células-tronco mielóides multipotentes** (ou **células-tronco mielóides**) e as **células-tronco linfáticas multipotentes** (ou **células-tronco linfáticas**). As células-tronco mielóides dividem-se para formar cinco tipos diferentes de células-tronco, cada um com funções relativamente restritas. Dois desses tipos de células-tronco são responsáveis pela produção de glóbulos vermelhos e megacariócitos, enquanto os outros três tipos são responsáveis pela formação

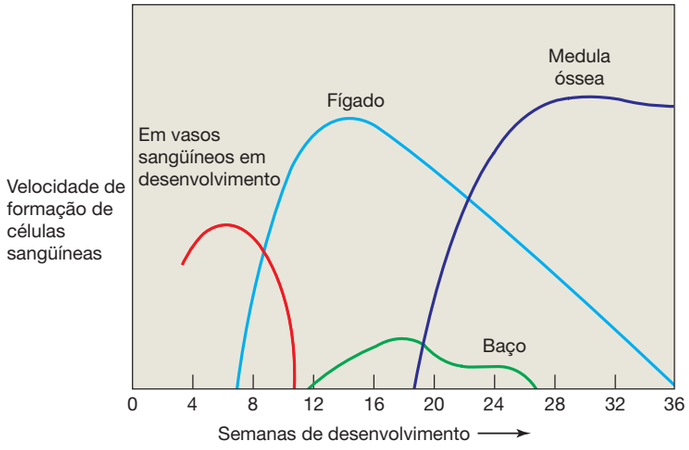


Figura 20.8 As origens e a diferenciação dos elementos figurados.
Células-tronco pluripotentes originam tanto células-tronco mielóides quanto linfáticas. Células-tronco mielóides produzem células progenitoras, as quais se dividem para produzir os vários tipos de células sangüíneas. O gráfico indica os locais primários de formação de células sangüíneas durante o desenvolvimento embriológico e fetal.

de vários tipos de leucócitos (Figura 20.8). As células-tronco linfáticas dividem-se para formar dois tipos diferentes de células-tronco, que apresentam funções relativamente restritas, um deles formando, em última análise, os plasmócitos, e o outro formando as células T.

Eritropoese [Figuras 20.8/20.6]

A **eritropoese** refere-se especificamente à formação de eritrócitos (Figura 20.8). A medula óssea vermelha é o local primário de formação de glóbulos vermelhos no adulto (Figura 20.6). A medula vermelha é encontrada em partes das vértebras, esterno, costelas, crânio, escápulas, pelve e ossos proximais dos membros. Em condições extremas, a **medula óssea amarela**, gordurosa, encontrada em outros ossos pode ser convertida em medula óssea vermelha. Por exemplo, esta conversão pode ocorrer após perda sangüínea intensa e prolongada, aumentando, portanto, a velocidade de formação de glóbulos vermelhos. Para que a eritropoese ocorra normalmente, os tecidos mielóides precisam receber quantidades adequadas de suprimento de aminoácidos, ferro e **vitamina B_{12}** – uma vitamina obtida de produtos lácteos e carne.

A eritropoese é regulada pelo **hormônio estimulante da eritropoese**, ou **eritropoetina (EPO)**, apresentado no Capítulo 19. pág. 518

Nota clínica

Sangue sintetizado Apesar dos avanços na tecnologia da transfusão, a diminuição da disponibilidade de sangue e a ansiedade gerada pelas dúvidas em relação à segurança ainda persistem. Além disso, algumas pessoas podem não ter condições ou não concordar em aceitar transfusões por questões médicas ou religiosas. Assim, existe um interesse amplamente difundido nas numerosas tentativas recentes de se desenvolver componentes do sangue sintetizados.

Substitutos integrais do sangue são soluções altamente experimentais ainda passando por avaliações clínicas. Além dos agentes osmóticos observados nos expansores de plasma, essas soluções contêm pequenos aglomerados de moléculas sintetizadas, construídas com átomos de carbono e flúor. As misturas, conhecidas como **emulsões perfluoroquímicas (PFC)**, podem transportar aproximadamente 70% do oxigênio do sangue total. Animais têm sido mantidos vivos após transfusão de troca, que substitui completamente seu sangue circulante por emulsão PFC.

Soluções PFC apresentam as mesmas vantagens daquelas de outros expansores de plasma, além dos benefícios adicionais do transporte de oxigênio. Como não há glóbulos vermelhos envolvidos, as emulsões PFC podem transportar oxigênio a regiões cujos capilares tenham sido parcialmente bloqueados por depósitos de gordura ou coágulos sangüíneos. Infelizmente, as emulsões PFC não absorvem oxigênio com a mesma eficiência do sangue normal. Para garantir que as PFC provejam adequadamente o oxigênio aos tecidos periféricos, é preciso que o ar inspirado pelo indivíduo seja rico em oxigênio, o que geralmente se consegue pelo uso de máscaras de oxigênio. Além disso, aglomerados de PFC parecem ser fagocitados. Estes problemas têm limitado o uso de emulsões PFC em humanos. Entretanto, uma emulsão PFC, o *Fluosol*, tem sido utilizada para aumentar o suprimento de oxigênio ao músculo cardíaco durante procedimentos cirúrgicos.

Outra abordagem envolve a fabricação de miniaturas de eritrócitos pelo encapsulamento de pequenos feixes de hemoglobina em uma membrana lipídica. Estes **neo-hematócitos** são esféricos, com diâmetro inferior a 1 µm, podendo passar facilmente através de vasos estreitos ou parcialmente bloqueados. O principal problema com esta técnica é que os fagócitos tratam os neo-hematócitos como fragmentos de eritrócitos normais e, dessa forma, eles permanecem no corpo por apenas aproximadamente 5 horas.

A eritropoetina é produzida e secretada sob condições de hipoxia (baixo nível de oxigênio), pricipalmente nos rins. A eritropoetina tem dois efeitos:

- Estimula velocidades elevadas de divisão celular em eritroblastos e em células-tronco que produzem eritroblastos.
- Acelera a maturação de glóbulos vermelhos, principalmente acelerando a velocidade de síntese de hemoglobina. Sob estimulação máxima de EPO, a medula óssea pode aumentar em até 10 vezes a velocidade de formação de glóbulos vermelhos, para cerca de 30 milhões por segundo.

Estágios da maturação de glóbulos vermelhos [Figura 20.8]

Um glóbulo vermelho em formação passa por uma série de estágios de desenvolvimento. Os **hematologistas**, especialistas no estudo da formação e das funções do sangue, atribuíram nomes específicos para estágios de fundamental importância (Figura 20.8). **Eritroblastos** são glóbulos vermelhos muito imaturos que sintetizam hemoglobina ativamente. Após perder seus núcleos, estas células tornam-se **reticulócitos**, o último passo no processo de maturação. Os reticulócitos entram na circulação e gradualmente desenvolvem a aparência de eritrócitos maduros. Reticulócitos em maturação costumam responder por aproximadamente 0,8% da população de glóbulos vermelhos.

Leucopoiese [Figura 20.8]

Células-tronco são responsáveis pela produção de glóbulos brancos (**leucopoiese**) originados na medula óssea (Figura 20.8). Os granulócitos completam seu desenvolvimento na medula óssea; os monócitos iniciam seus processos de diferenciação na medula óssea, entram na circulação e completam seu desenvolvimento quando se tornam macrófagos livres nos tecidos periféricos. As células-tronco responsáveis pela produção de linfócitos, um processo denominado **linfopoese**, também se originam na medula óssea, mas muitas delas subseqüentemente migram para o timo. A medula óssea e o timo são chamados de *órgãos linfáticos primários* porque a divisão de células-tronco indiferenciadas nestes locais produz células-filhas destinadas a se tornarem linfócitos especializados. Linfócitos B e NK imaturos são produzidos na medula óssea, e linfócitos T imaturos são produzidos no timo. Estas células podem, subseqüentemente, migrar para *órgãos linfáticos secundários*, como baço, tonsilas e linfonodos. Ainda que apresentem capacidade de divisão, as células-filhas produzidas são sempre células do mesmo tipo – um linfócitos T que se divide produz um linfócito T filho, e não linfócitos NK ou B. A formação de linfócitos será considerada em maiores detalhes no Capítulo 23.

Os fatores que regulam a maturação dos linfócitos ainda não são completamente compreendidos; entretanto, antes da maturidade, hormônios sintetizados pelo timo promovem a diferenciação e manutenção das populações de linfócitos T. Alguns hormônios, coletivamente denominados **fatores estimuladores de colônias (CSF)**, estão envolvidos na regulação de outras populações de glóbulos brancos. Disponíveis comercialmente, os CSF são atualmente utilizados para estimular a produção de glóbulos brancos em indivíduos submetidos à quimioterapia para tratamento de câncer.

REVISÃO DOS CONCEITOS

1. Quais são os dois efeitos principais da eritropoetina?
2. Qual é a função das células-tronco pluripotentes?
3. Que estágio da maturação do glóbulo vermelho é marcado pela ejeção do núcleo?
4. Que célula perde cápsulas de citoplasma para produzir plaquetas?

Veja a seção de Respostas na parte final do livro.

Nota clínica

***Doping* sangüíneo** A prática de ***doping* sangüíneo** nas suas várias modalidades vem se disseminando entre atletas competitivos ligados a esportes de resistência como o ciclismo. Um dos procedimentos exige a remoção de amostras de sangue total do atleta semanas antes de um evento. Os aglomerados de glóbulos vermelhos são separados do plasma e armazenados. Até a competição, a medula óssea do competidor terá substituído o sangue perdido. Imediatamente antes da competição, os aglomerados de glóbulos vermelhos são reinfundidos, aumentando o hematócrito. O objetivo do procedimento é aumentar a capacidade de transporte de oxigênio do sangue e, assim, a resistência. A conseqüência é que o coração do atleta é submetido a uma intensa sobrecarga. Os efeitos a longo prazo são desconhecidos, mas a prática envolve um risco significativo de acidente vascular ou infarto; o procedimento foi recentemente eliminado das práticas esportivas amadoras. O treinamento em locais de altitude elevada é uma alternativa mais saudável e atualmente aceita.

Como agora a eritropoetina (EPO) é sintetizada com a utilização de técnicas de DNA recombinante, ela pode ser utilizada por indivíduos que estão tentando burlar estas regras. Ainda que o uso destas drogas seja de difícil detecção pelos oficiais, os indivíduos que fazem uso destas substâncias estão se sujeitando aos mesmos riscos daqueles que se submetem ao *doping* sangüíneo. Nos últimos 5 a 10 anos, as mortes de 18 ciclistas europeus e a eliminação de muitos atletas olímpicos dos Jogos Olímpicos de Inverno de 2002 aparentemente resultaram de *doping* sangüíneo, abuso de EPO, ou ambos.

TERMOS CLÍNICOS

Anemia: Uma condição na qual a capacidade de transporte de oxigênio pelo sangue está reduzida por causa de um valor baixo do hematócrito ou de concentrações reduzidas de hemoglobina no sangue.

Anemia aplásica: Anemia causada por insuficiência de medula óssea, causando redução dos níveis de hematócrito e diminuição da contagem de reticulócitos.

Anemia hemorrágica: Anemia causada por sangramento intenso, caracterizada por um hematócrito baixo e níveis reduzidos de hemoglobina, mas contagem normal de glóbulos vermelhos.

Concentrado de hemácias: Glóbulos vermelhos dos quais se removeu a maior parte do plasma.

Doença hemolítica do recém-nascido (DHRN): Uma anemia no recém-nascido, geralmente causada por incompatibilidade entre o sangue materno (Rh^-) e o do feto (Rh^+).

Embolia: Uma condição em que um coágulo é levado pela corrente sangüínea e passa a obstruir um vaso, bloqueando a circulação e o suprimento sangüíneo a um determinado local, a partir da obstrução.

Hemofilia: Uma das muitas doenças hereditárias caracterizadas pela produção inadequada de fatores de coagulação.

Normocítico: Termo que se refere aos glóbulos vermelhos de tamanho normal.

Normocrômica: Condição em que os glóbulos vermelhos contêm quantidades normais de hemoglobina.

Normovolêmica: Condição de volume sangüíneo normal no corpo.

Placa: Uma área anormal dentro de um vaso sangüíneo, onde grande quantidade de lipídeos encontra-se acumulada.

Policitemia: Uma condição sangüínea caracterizada por valor de hematócrito elevado com volume de sangue normal.

Transfusão: Um procedimento no qual componentes do sangue são administrados a alguém cujo volume sangüíneo esteja reduzido, ou cujo sangue esteja deficiente em alguns componentes.

Transplante de medula óssea: A transfusão de células da medula óssea, incluindo células-tronco, que podem ser utilizadas para restabelecer as populações da medula óssea após exposição à radiação, quimioterapia ou anemia aplásica.

Trombo: Um coágulo sangüíneo.

RESUMO PARA ESTUDO

Introdução 531

1. O sistema circulatório oferece um mecanismo para transporte rápido de nutrientes, produtos residuais e células no interior do corpo.

Funções do sangue 531

1. O **sangue** é um tecido conectivo especializado. Suas funções incluem: (1) transporte de gases dissolvidos; (2) transporte e distribuição de nutrientes; (3) transporte de resíduos metabólicos; (4) transporte e distribuição de enzimas e hormônios; (5) estabilização do pH e composição eletrolítica do líquido intersticial; (6) restrição de perda de líquido através de vasos danificados ou ferimentos por meio da **reação de coagulação**; (7) defesa do corpo contra toxinas e patógenos; e (8) estabilização da temperatura corporal pela absorção e redistribuição do calor. *(ver Tabela 20.1)*

Composição do sangue 531

1. O sangue consiste em dois componentes: o **plasma**, a matriz líquida, e os **elementos figurados**, que incluem **glóbulos vermelhos (GVs)**, **leucócitos (GBs)** e **plaquetas**. O plasma e os elementos figurados constituem o **sangue total**, que pode ser **fracionado** para fins de análise ou para propósitos clínicos. *(ver Figura 20.1 e Tabela 20.2)*
2. Existem entre 4 e 8 litros de sangue total circulante em um adulto mediano. Os termos *hipovolêmico*, *normovolêmico* e *hipervolêmico* referem-se respectivamente a valores baixos, normais ou elevados de volume de sangue circulante.

Plasma 533

3. O plasma é responsável por cerca de 55% do volume de sangue; aproximadamente 92% do plasma é composto de água. *(ver Figura 20.1 e Tabela 20.2)*
4. O plasma difere do líquido intersticial por apresentar concentração mais elevada de oxigênio dissolvido e um maior número de proteínas dissolvidas. Existem três tipos de proteínas plasmáticas: *albuminas*, *globulinas* e *fibrinogênio*. *(ver Tabela 20.2)*
5. As **albuminas** constituem cerca de 60% das proteínas do plasma. As **globulinas** constituem aproximadamente 35% das proteínas plasmáticas: elas incluem as **imunoglobulinas (anticorpos)**, que atacam proteínas estranhas e patógenos, além de transportar globulinas, que se ligam a íons, hormônios e outros componentes. Moléculas de **fibrinogênio** atuam na reação de coagulação ao interagirem para formar a *fibrina*; o líquido resultante da remoção do fibrinogênio do plasma é denominado **soro**. *(ver Tabela 20.2)* Quando as albuminas ou globulinas se ligam a lipídeos, formam lipoproteínas que são transportadas no sistema circulatório até que esses lipídeos sejam distribuídos para os tecidos.

Elementos figurados 534

Hemácias ou glóbulos vermelhos (GVs) ou eritrócitos 534

1. Os glóbulos vermelhos (GVs), ou **eritrócitos**, são responsáveis por pouco menos da metade do volume de sangue. O valor do **hematócrito** indica a porcentagem de sangue total ocupada por elementos celulares. Uma vez que o sangue contém cerca de 1.000 glóbulos vermelhos para cada glóbulo branco, este valor aproxima-se muito do volume de glóbulos vermelhos. *(ver Figuras 20.2 a 20.4)*
2. Os glóbulos vermelhos transportam oxigênio e dióxido de carbono na corrente sangüínea. São células altamente especializadas com uma alta proporção superfície-volume. Cada glóbulo vermelho é um disco bicôncavo. Este formato confere ao glóbulo vermelho uma ampla área de superfície, permitindo a rápida difusão de gases e a capacidade de formar "pilhas" (denominadas "**rouleaux**") que podem passar facilmente pelos capilares.
3. Como os glóbulos vermelhos não apresentam mitocôndrias, ribossomos ou núcleos, estas células são incapazes de realizar manutenção operacional normal e, portanto, geralmente degeneram após cerca de 120 dias na circulação. Os glóbulos vermelhos danificados ou mortos são reabsorvidos por fagócitos. *(ver Figura 20.2 e Tabela 20.3)*
4. Moléculas de **hemoglobina (Hb)** são responsáveis por mais de 95% das proteínas dos glóbulos vermelhos. A hemoglobina confere aos glóbulos vermelhos a capacidade de transportar oxigênio e dióxido de carbono. A hemoglobina é uma proteína globular formada por quatro subunidades. Cada subunidade contém uma molécula de **heme**, que carrega um íon ferro que pode se ligar reversivelmente a uma molécula de oxigênio *(ver Figura 20.3)*. Nos pulmões, o dióxido de carbono difunde-se para fora do sangue e o oxigênio difunde-se para o sangue. Nos tecidos periféricos, ocorre o oposto: o oxigênio difunde-se para fora do sangue e o dióxido de carbono difunde-se para o sangue.
5. O **tipo sangüíneo** de um indivíduo é determinado pela presença ou ausência de **antígenos de superfície** específicos *(aglutinógenos)* nos plasmalemas dos glóbulos vermelhos: **A**, **B** e **D (Rh)**. O sangue tipo A apresenta antígeno de superfície tipo A, o tipo B apresenta antígeno de superfície B, o tipo AB apresenta os dois antígenos e o tipo O não apresenta antígenos. O sangue Rh-positivo apresenta antígeno de superfície Rh, e o tipo Rh-negativo não apresenta este antígeno. **Anticorpos** específicos a esses antígenos de superfície são denominados *aglutininas*. Anticorpos no plasma de um indivíduo reagirão com glóbulos vermelhos que apresentem antígenos de superfície estranhos, causando uma reação cruzada. *(ver Figura 20.4 e Tabela 20.4)*

Leucócitos 538

6. Os glóbulos brancos (GBs), ou **leucócitos**, defendem o corpo contra patógenos e removem toxinas, resíduos e células anômalas ou danificadas *(ver Figura 20.5)*. Os dois tipos de glóbulos brancos são os leucócitos granulares (granulócitos) e os leucócitos agranulares (agranulócitos).
7. Uma lâmina de sangue corada oferece uma contagem diferencial da população de glóbulos brancos. Os sufixos *penia* e *ose* são utilizados para indicar contagem baixa ou elevada de tipos específicos de glóbulos brancos.
8. Os **leucócitos** apresentam **quimiotaxia** (atração por substâncias químicas específicas) e **diapedese** (capacidade de se moverem através de paredes de vasos).
9. Os **leucócitos granulares (granulócitos)** são subdivididos em **neutrófilos**, **eosinófilos (acidófilos)** e **basófilos**. Cerca de 50 a 70% dos glóbulos brancos circulantes são neutrófilos, que são fagócitos altamente móveis. Os eosinófilos, bem menos comuns, são células fagocitárias, atraídos por compostos estranhos que reagiram com anticorpos circulantes. Os basófilos, relativamente raros, migram para tecidos danificados e liberam histamina, auxiliando na resposta inflamatória. *(ver Figura 20.5 e Tabela 20.3)*
10. Os **leucócitos agranulares** são subdivididos em **monócitos** e **linfócitos.** Os monócitos que migram para o interior dos tecidos periféricos tornam-se macrófagos livres, que são células fagocitárias e altamente móveis. Os linfócitos, as principais células do sistema linfático, incluem os **linfócitos T** (que entram nos tecidos periféricos e atacam diretamente as células estranhas), os **linfócitos B** (que produzem anticorpos) e os **linfócitos NK** (que destroem células teciduais anômalas). *(ver Figura 20.5 e Tabela 20.3)*

Plaquetas 540

11. As plaquetas são algumas vezes chamadas de **trombócitos**; não são células, mas cápsulas de citoplasma contido em invólucro de membrana.
12. **Megacariócitos** são enormes células na medula óssea que liberam cápsulas de citoplasma (plaquetas) no sangue circulante. As funções das plaquetas incluem: (1) transporte de substâncias químicas importantes para o processo de coagulação; (2) formação de tampão temporário nas paredes de vasos danificados; e (3) contração das margens do ferimento ou corte após a formação do coágulo para reduzir as dimensões da abertura na parede do vaso. *(ver Figuras 20.6/20.7 e Tabela 20.3)*

Hematopoiese 541

1. A **hematopoiese** é o processo de formação de células sangüíneas. **Células-tronco** denominadas **células-tronco pluripotentes** dividem-se para formar todas as células do sangue. *(ver Figura 20.8)*

Eritropoese 543

2. A **eritropoese**, a formação de eritrócitos, ocorre principalmente no interior do **tecido mielóide** (medula óssea vermelha) no adulto. A formação de glóbulos vermelhos aumenta sob a influência do **hormônio estimulador de eritropoese (eritropoetina, EPO)**. Fases no desenvolvimento de glóbulos vermelhos incluem **eritroblastos** e **reticulócitos**. *(ver Figura 20.8)*

Leucopoiese 543

3. A **leucopoiese**, a formação de glóbulos brancos, inicia-se na medula óssea. Granulócitos e monócitos são produzidos por células-tronco na medula óssea. Células-tronco responsáveis pela **linfopoese** (produção de linfócitos) também se originam na medula óssea, mas muitas delas migram para tecidos linfáticos periféricos. *(ver Figura 20.8)*
4. A medula óssea e o timo são denominados *órgãos linfáticos primários. Órgãos linfáticos secundários*, como baço, e tonsilas, contêm glóbulos brancos que se dividem para produzir células do mesmo tipo.
5. Os fatores que regulam a maturação dos linfócitos ainda não são completamente compreendidos. Alguns **fatores estimuladores de colônias (CSF)** estão envolvidos na regulação de outras populações de glóbulos brancos.

REVISÃO DO CAPÍTULO

Para respostas às questões da Revisão dos Conceitos e Revisão do Capítulo, veja a seção de Respostas na parte final do livro.

Nível 1 – Revisão de fatos e termos

Associe cada item numerado com a letra do item que melhor se relaciona. Utilize letras para as respostas nos espaços apropriados.

Coluna A	**Coluna B**
__1. basófilos	a. célula-tronco, origem de todas as células sangüíneas
__2. embolia	b. baixo volume de sangue
__3. linfócito	c. leucócito granular
__4. leucopoiese	d. proteína coagulante

__5. hemóstase
__6. eritroblastos
__7. fibrinogênio
__8. imunoglobulinas
__9. células-tronco pluripotentes
__10. hipovolemia

e. leucócito agranular
f. processo de produção de glóbulos brancos
g. processo de prevenção de perda sangüínea
h. coágulo em um vaso sangüíneo
i. anticorpos
j. células sangüíneas imaturas

11. As funções do sangue incluem:
(a) transporte de nutrientes e resíduos
(b) regulação do pH e concentração de eletrólitos
(c) restrição da perda de líquido
(d) todas as anteriores estão corretas

12. Os elementos figurados mais comuns no sangue são:
(a) plaquetas (b) glóbulos brancos
(c) proteínas (d) glóbulos vermelhos

13. As proteínas mais abundantes no sangue são:
(a) globulinas (b) albuminas
(c) fibrinogênio (d) lipoproteínas

14. Os principais tipos de glóbulos brancos incluem:
(a) eritrócitos e plaquetas
(b) células granulares e agranulares
(c) fibrinogênio e fibras colágenas
(d) macromoléculas e colóides

15. As células-tronco responsáveis pela produção de glóbulos brancos originam-se:
(a) no fígado (b) no timo
(c) no baço (d) na medula óssea

16. Cada uma das afirmações a seguir relacionadas aos glóbulos vermelhos está correta, exceto:
(a) glóbulos vermelhos são discos bicôncavos
(b) glóbulos vermelhos não apresentam mitocôndrias
(c) glóbulos vermelhos apresentam um núcleo grande
(d) glóbulos vermelhos podem formar pilhas denominadas "rouleaux"

17. A função principal da hemoglobina é:
(a) armazenar íons
(b) transportar glicose
(c) conferir coloração ao glóbulo vermelho
(d) transportar oxigênio aos tecidos periféricos

18. Indivíduos de sangue tipo A apresentam:
(a) antígenos de superfície anti-A em seus glóbulos vermelhos
(b) antígenos de superfície anti-B em seu plasma
(c) anticorpos anti-A em seu plasma
(d) anticorpos anti-O em seu plasma

19. Os glóbulos brancos que aumentam em número durante uma reação alérgica ou em resposta a infecção parasitária são os:
(a) neutrófilos (b) eosinófilos
(c) basófilos (d) monócitos

20. Plaquetas são:
(a) células grandes que não apresentam núcleo
(b) células pequenas que não apresentam núcleo
(c) fragmentos celulares
(d) células pequenas com um núcleo de formato irregular

Nível 2 – Revisão de conceitos

1. Como a reação que ocorre entre o tipo sangüíneo Rh-negativo e o Rh-positivo difere da reação entre os tipos sangüíneos A, B e O?
(a) não há diferenças significativas; estes tipos de sangue reagem todos do mesmo modo
(b) o sangue de um indivíduo Rh-positivo contém aglutinógenos Rh-positivo, e o sangue de um indivíduo Rh-negativo contém aglutinógenos Rh-negativo
(c) o sangue de um indivíduo Rh-negativo contém aglutinógenos anti-Rh apenas se ele tiver sido sensibilizado por exposição prévia a eritrócitos Rh-positivo
(d) a resposta é tão maior quanto menor for a quantidade de sangue Rh de tipo diferente administrada ao indivíduo

2. A hemóstase pode sofrer interferência por qual dos seguintes fatores?
(a) uma deficiência de íons cálcio
(b) uma deficiência de íons potássio
(c) uma deficiência de hemoglobina
(d) uma deficiência de íons sódio

3. Por que a ausência de mitocôndrias faz com que um eritrócito seja mais eficiente no transporte de oxigênio?
(a) uma vez que o eritrócito transporta gases de modo passivo, as mitocôndrias seriam desnecessárias e ocupariam espaço útil no interior da célula
(b) as mitocôndrias precisam de grande quantidade de energia para seu funcionamento normal; assim, sem as mitocôndrias, os eritrócitos podem ter mais energia para o transporte de oxigênio
(c) uma vez que o eritrócito transporta gases de modo passivo, o ATP não é necessário para o processo de transporte ativo e, portanto, as mitocôndrias não são necessárias, e a energia necessária para a mitocôndria pode ser utilizada para transportar o oxigênio
(d) sem mitocôndrias, os eritrócitos não utilizarão o oxigênio que absorvem e podem, assim, transportar integralmente esse oxigênio absorvido para os tecidos periféricos

4. A deficiência de ferro resulta em qual dos seguintes itens?
(a) redução na contagem de leucócitos
(b) redução na contagem de monócitos
(c) anemia
(d) policitemia

5. O que é o volume concentrado de glóbulos vermelhos e por que ele algumas vezes é denominado "volume de células concentradas"?

6. Qual é a função da reação de coagulação?

7. Como acabam os megacariócitos?

8. Dê alguns exemplos de órgãos linfáticos secundários.

9. O que são lipoproteínas e qual é a sua função no sangue?

10. Um indivíduo de sangue tipo O pode receber sangue tipo AB? Por quê?

Nível 3 – Pensamento crítico

1. Alguns meses antes do início de uma competição, por que alguns atletas deslocam-se para treinar em locais de maior altitude em relação ao local da competição?

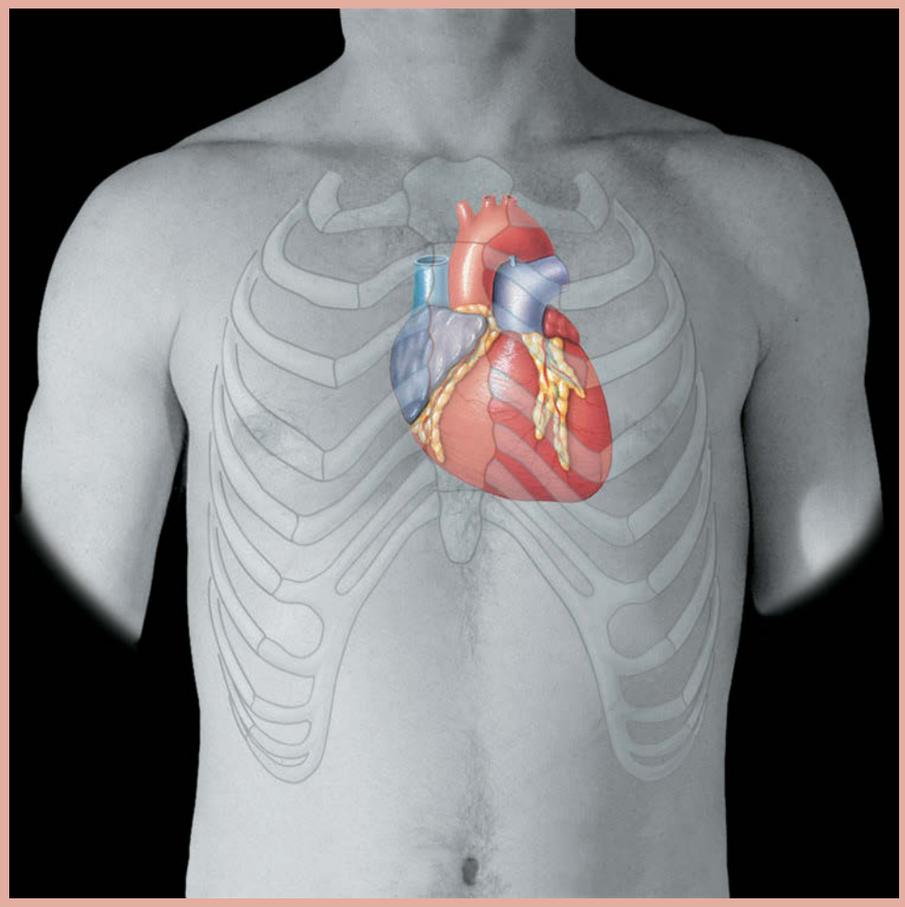
2. A mononucleose é uma doença que pode causar um aumento nas dimensões do baço por causa do número aumentado de fagócitos e outras células. Sintomas comuns incluem aparência empalidecida, sensação de cansaço físico e falta de energia, algumas vezes a ponto de não se conseguir sair da cama. O que pode causar esses sintomas?

3. Quase metade da vitamina K do organismo é sintetizada por bactérias que habitam o intestino grosso. Com base nesta informação, por que o fato de se tomar antibióticos de amplo espectro (antibióticos são agentes químicos que matam microrganismos seletivamente) provoca freqüentes sangramentos nasais?

21

O Sistema Circulatório

O Coração



Introdução 548

Uma visão geral do sistema circulatório 548

O pericárdio 548

Estrutura da parede do coração 550

Orientação e configuração externa do coração 552

Anatomia interna e organização do coração 554

O ciclo cardíaco 561

OBJETIVOS DO CAPÍTULO:

1. Descrever o esquema básico do sistema circulatório e a função do coração.
2. Descrever a estrutura das subdivisões do pericárdio e discutir suas funções.
3. Identificar e descrever o epicárdio, o miocárdio e o endocárdio.
4. Identificar as diferenças importantes entre o músculo estriado cardíaco e o músculo estriado esquelético.
5. Discutir a estrutura e a função do esqueleto fibroso do coração.
6. Identificar e descrever a configuração externa e as características da superfície do coração.
7. Descrever as especializações estruturais e funcionais de cada câmara do coração.
8. Identificar as principais artérias e veias das circulações pulmonar e sistêmica ligadas ao coração.
9. Traçar o caminho do fluxo sangüíneo através do coração.
10. Descrever a estrutura e a função de cada uma das valvas cardíacas.
11. Localizar os vasos sangüíneos coronários, identificar suas origens e principais ramos.
12. Nomear e traçar os componentes do complexo estimulante do coração.
13. Descrever a função do complexo estimulante do coração.
14. Discutir os eventos que ocorrem durante o ciclo cardíaco.
15. Descrever os centros cardíacos e discutir suas funções na regulação do coração.

Toda célula viva depende do líquido intersticial circundante como fonte de oxigênio e nutrientes e como local para deposição de resíduos. Níveis de gases, nutrientes e produtos residuais no líquido intersticial são mantidos estáveis por meio de trocas contínuas entre o líquido intersticial e o sangue circulante. O sangue precisa permanecer em movimento para manter a homeostase. Se o sangue deixa de fluir através de um tecido, as reservas de oxigênio e nutrientes são esgotadas, sua capacidade para absorção de resíduos é atingida rapidamente, e nem os hormônios nem os leucócitos podem chegar aos locais pretendidos. Assim, todas as funções do sistema circulatório dependem basicamente do coração, porque é o coração que mantém o sangue em movimento. Este órgão muscular bate aproximadamente 100.000 vezes por dia, impulsionando o sangue através dos vasos sangüíneos. A cada ano, o coração bombeia mais de 1,5 milhões de galões de sangue (nos EUA, 1 galão = 3, 8 L), o suficiente para completar 200 carros-tanques.

Para uma demonstração prática da capacidade de bombeamento do coração, abra a torneira da cozinha totalmente. Para atingir uma quantidade de água igual ao volume de sangue bombeado pelo coração durante o tempo médio de vida, a torneira teria de permanecer aberta por pelo menos 45 anos. De modo igualmente notável, o volume de sangue impulsionado pode variar amplamente, entre 5 e 30 litros por minuto. O desempenho do coração é constantemente monitorado e perfeitamente regulado pelo sistema nervoso para garantir que os níveis de gases, nutrientes e resíduos nos tecidos periféricos permaneçam dentro dos limites normais, quer estejamos dormindo tranqüilamente, lendo um livro, ou envolvidos em um vigoroso jogo de tênis.

Começamos este capítulo examinando os aspectos estruturais que permitem ao coração um desempenho seguro, mesmo diante de demandas físicas amplamente variáveis. Consideraremos, então, os mecanismos que regulam a atividade cardíaca para enfrentar as constantes variações das necessidades do corpo.

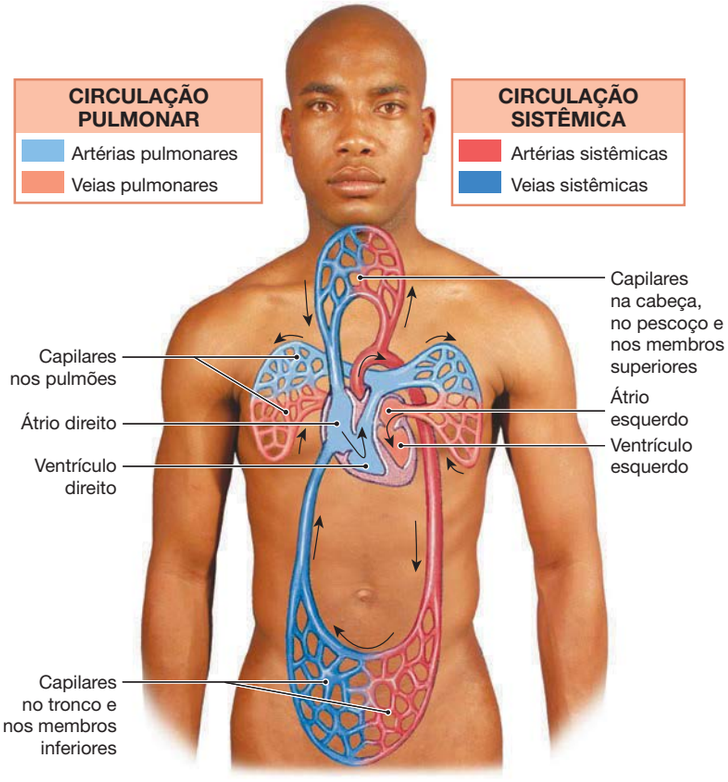


Figura 21.1 Uma visão geral das circulações pulmonar e sistêmica. O sangue flui por circuitos separados, pulmonar e sistêmico, propelido pelo bombeamento do coração. Cada circuito começa e termina no coração e contém artérias, capilares e veias. As setas indicam a direção do fluxo sangüíneo no interior de cada circuito.

Uma visão geral do sistema circulatório [Figura 21.1]

Apesar de sua impressionante carga de trabalho, o coração é um órgão pequeno; seu coração tem aproximadamente o tamanho de seu punho cerrado. As quatro câmaras musculares do coração, os **átrios** direito e esquerdo (*atrium,* câmara) e os **ventrículos** direito e esquerdo, trabalham juntas para impulsionar o sangue através de uma rede de vasos sangüíneos entre o coração e os tecidos periféricos. A rede pode ser subdividida em duas circulações: a **circulação pulmonar**, que transporta o sangue rico em dióxido de carbono desde o coração até as superfícies de trocas gasosas dos pulmões e conduz o sangue rico em oxigênio de volta ao coração; e a **circulação sistêmica**, que transporta o sangue rico em oxigênio do coração para o restante das células do corpo, conduzindo o sangue rico em dióxido de carbono de volta ao coração. O átrio direito recebe sangue da circulação sistêmica, e o ventrículo direito ejeta o sangue para a circulação pulmonar. O átrio esquerdo recebe sangue da circulação pulmonar, e o ventrículo esquerdo ejeta igual volume de sangue para a circulação sistêmica. Quando o coração bate, os átrios se contraem primeiro, seguidos pelos ventrículos. Os dois ventrículos contraem-se ao mesmo tempo e ejetam volumes iguais de sangue nas circulações pulmonar e sistêmica.

Cada circulação começa e termina no coração. As **artérias** transportam sangue para fora do coração; as **veias** conduzem sangue de volta ao coração (Figura 21.1). O sangue circula através destes circuitos em seqüência. Por exemplo, o sangue que retorna ao coração nas veias sistêmicas precisa completar a circulação pulmonar antes de entrar novamente nas artérias sistêmicas. **Capilares** são pequenos vasos de paredes delgadas que interconectam as menores artérias e veias*. Os capilares são denominados "**vasos de troca**", porque suas paredes delgadas permitem o intercâmbio de nutrientes, gases dissolvidos e produtos residuais entre o sangue e os tecidos adjacentes.

O pericárdio [Figura 21.2]

O coração está localizado próximo à parede anterior do tórax (Figura 21.2a), imediatamente posterior ao esterno, envolto pela **cavidade do pericárdio,** uma porção da cavidade ventral do corpo. A cavidade do pericárdio está situada no mediastino**, entre as cavidades pleurais, onde também estão localizados o timo, o esôfago e a traquéia. pág. 19 A posição do coração em relação a outras estruturas no mediastino é mostrada na Figura 21.2c,d.

O **pericárdio** seroso limita a cavidade do pericárdio. Para visualizar a relação entre o coração e a referida cavidade, imagine seu punho pressionando um grande balão em direção ao centro (Figura 21.2b). A parede do balão corresponde ao pericárdio seroso, e seu punho, ao coração. O pericárdio seroso está dividido em **lâmina visceral** (a lâmina mais interna do balão, em contato com seu punho) e **lâmina parietal** (a lâmina mais externa do balão). Seu punho, onde o balão dobra-se sobre si mesmo, corresponde à *base* do coração (assim denominada porque é o local onde o coração está ligado aos grandes vasos e confinado no mediastino).

* N. de R.T. A seqüência mais freqüente é arteríola-metarteríola-capilar-vênula-veia.

** N. de R.T. Para fins descritivos, o mediastino é dividido em partes superior e inferior. O mediastino inferior é subdividido pelo pericárdio em mediastinos anterior, médio e posterior. O coração está situado no mediastino médio.

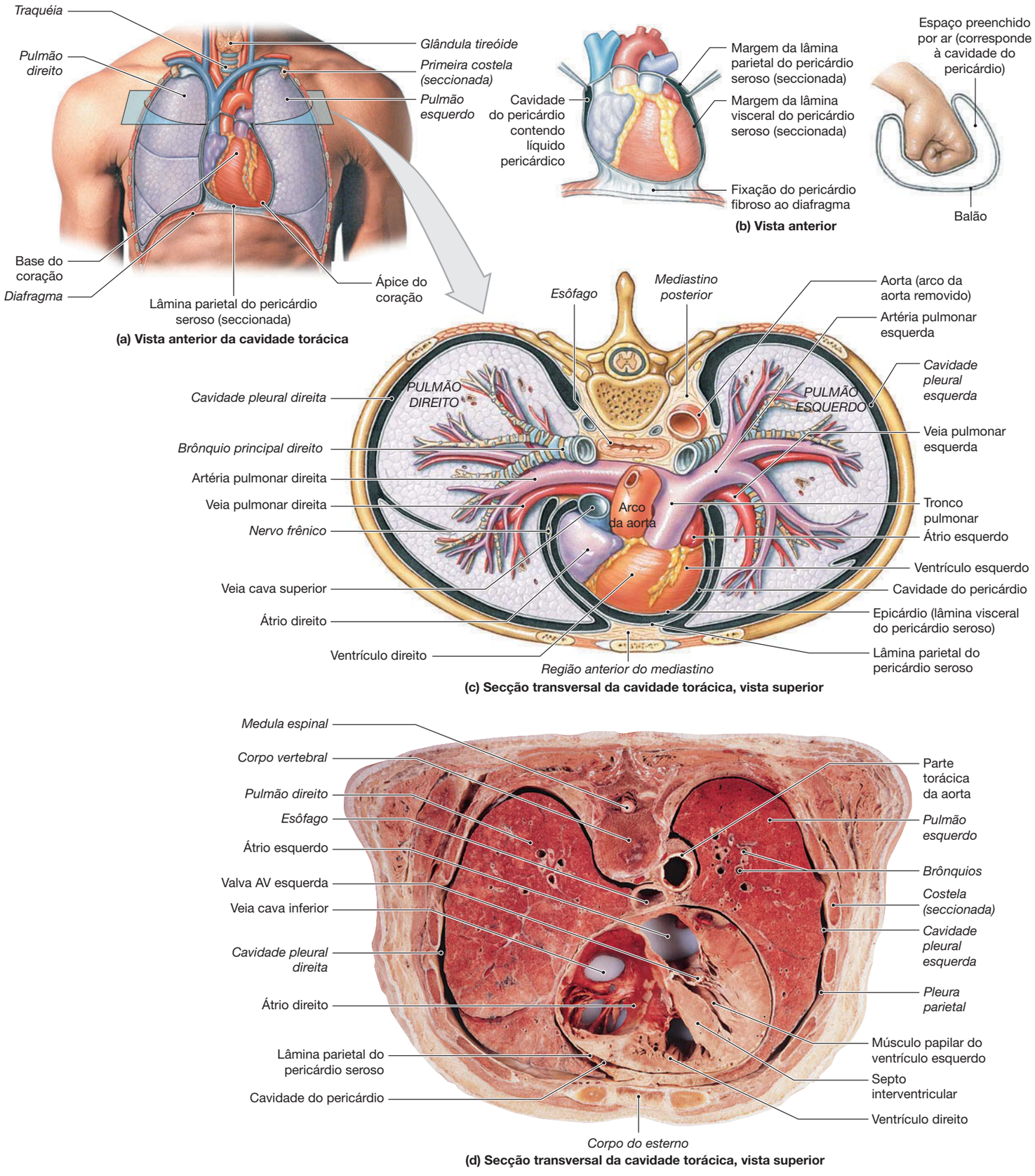


Figura 21.2 Localização do coração na cavidade torácica.
O coração está situado no mediastino médio, imediatamente posterior ao esterno. **(a)** Vista anterior da cavidade torácica aberta, mostrando a posição do coração e dos grandes vasos em relação aos pulmões. O plano de secção indica a orientação da parte (c). **(b)** Relações entre o coração e a cavidade do pericárdio. A cavidade do pericárdio envolve o coração assim como o balão envolve o punho (à direita). **(c)** Vista superior de uma secção transversal da cavidade torácica mostrando a posição do coração e a localização de outros órgãos no mediastino. Nesta secção, o coração é mostrado intacto de modo a permitir a visualização da orientação dos grandes vasos. **(d)** Vista superior de uma secção transversal da cavidade torácica no nível da vértebra T VIII.

O tecido conectivo frouxo da lâmina visceral do pericárdio seroso, ou *epicárdio*, reveste diretamente o músculo cardíaco (miocárdio). A lâmina parietal do pericárdio seroso é reforçada por uma camada externa de tecido conectivo denso irregular contendo fibras colágenas em abundância. Essa camada de reforço é denominada **pericárdio fibroso**. Juntos, a lâmina parietal do pericárdio seroso e o pericárdio fibroso constituem o resistente **"saco pericárdico"**. Na base do coração, as fibras colágenas do pericárdio fibroso estabilizam as posições do pericárdio, do coração e dos vasos associados no mediastino. A cavidade do pericárdio é o espaço estreito existente entre as superfícies opostas das lâminas parietal e visceral do pericárdio seroso. Essa cavidade normalmente contém entre 10 e 20 mL de **líquido pericárdico** secretado pelo pericárdio seroso. Esse líquido atua como lubrificante, reduzindo o atrito entre as superfícies opostas. O revestimento pericárdico úmido evita o atrito durante os batimentos cardíacos, e as fibras colágenas que se fixam à base do coração, no mediastino, limitam a movimentação dos grandes vasos durante a contração.

Estrutura da parede do coração [Figura 21.3]

Uma secção na parede do coração (Figura 21.3a,b) revela três camadas distintas: (1) a camada externa, *o epicárdio* (lâmina visceral do pericárdio seroso), (2) a camada média, o *miocárdio,* e (3) a camada interna, o *endocárdio.*

1. O **epicárdio** é a lâmina visceral do pericárdio seroso; forma a superfície externa do coração. O epicárdio é uma túnica serosa que consiste em um mesotélio recobrindo uma camada de tecido conectivo areolar de sustentação.
2. O **miocárdio** consiste em múltiplas camadas entrelaçadas de fibras musculares cardíacas, com tecido conectivo associado, vasos sangüíneos e nervos. O miocárdio atrial, relativamente fino, contém camadas que formam a imagem do número 8 ao passarem de um átrio a outro. O miocárdio ventricular é mais espesso, e a orientação das fibras musculares modifica-se de camada para camada. Camadas superficiais do miocárdio ventricular envolvem ambos os ventrículos; camadas mais profundas do miocárdio ventricular formam espirais ao redor e entre os ventrículos a partir de sua *base* que é fixa até a terminação livre do coração, ou *ápice* (Figura 21.3a-c).
3. As superfícies internas das câmaras cardíacas, incluindo as valvas cardíacas, são recobertas por um epitélio escamoso simples, conhecido como **endocárdio** (*endo,* dentro). O endocárdio é contínuo com o endotélio dos vasos sangüíneos ligados ao coração.

Tecido muscular cardíaco [Figura 21.3b-e]

As características histológicas incomuns do tecido muscular cardíaco conferem ao miocárdio propriedades funcionais exclusivas. O tecido muscular cardíaco foi apresentado no Capítulo 3, e suas propriedades foram brevemente comparadas às de outros tipos de tecido muscular. pág. 75 As células musculares cardíacas, ou *miocardiócitos,* são relativamente pequenas, tendo em média 10 a 20 µm de diâmetro e 50 a 100 µm de comprimento. Um miocardiócito típico tem um único núcleo central (Figura 21.3b-d).

Embora sejam muito menores, as células musculares cardíacas assemelham-se às fibras musculares esqueléticas, pois, assim como estas, cada célula muscular cardíaca também contém miofibrilas organizadas, e o alinhamento de seus sarcômeros produz estriações. Contudo, as células musculares cardíacas diferem das fibras musculares esqueléticas em vários aspectos importantes:

1. As células musculares cardíacas são quase totalmente dependentes da respiração aeróbica para obter a energia necessária para continuarem se contraindo. O sarcoplasma da célula muscular cardíaca contém centenas de mitocôndrias e reservas abundantes de mioglobina (para armazenar oxigênio). As reservas de energia são mantidas sob a forma de glicogênio e inclusões lipídicas.
2. Os túbulos T da célula muscular cardíaca são relativamente curtos e não formam tríades com o retículo sarcoplasmático.
3. O suprimento circulatório do tecido muscular cardíaco é mais extenso mesmo em relação ao tecido muscular esquelético vermelho. pág. 250
4. As células musculares cardíacas se contraem sem comando do sistema nervoso; sua contração será discutida posteriormente neste capítulo.
5. As células musculares cardíacas estão interligadas por junções celulares especializadas denominadas *discos intercalados* (Figura 21.3c-e).

Os discos intercalados [Figura 21.3b-e]

As células musculares cardíacas são interligadas às células vizinhas nas junções celulares especializadas conhecidas como **discos intercalados**. Os discos intercalados são estruturas exclusivas do tecido muscular cardíaco (Figura 21.3b-e). O aspecto denteado deve-se ao intenso entrelaçamento dos sarcolemas em oposição. Em um disco intercalado:

1. Os sarcolemas de duas células musculares cardíacas são unidos por desmossomos (*maculae adherens*), pág. 45 fixando as células e ajudando a manter a estrutura tridimensional do tecido.
2. As miofibrilas nessas células musculares fixam-se firmemente ao sarcolema no disco intercalado (zônulas de adesão). Assim, o disco intercalado liga miofibrilas de células adjacentes. Como resultado, as duas células musculares cooperam com eficiência máxima.
3. As células musculares cardíacas são também conectadas por junções comunicantes (junções *gap*). págs. 44, 75 Íons e pequenas moléculas podem mover-se entre as células nessas junções, criando, dessa forma, uma conexão elétrica direta entre duas células musculares. Como resultado, o estímulo para a contração – um potencial de ação – pode ser transmitido de uma célula muscular cardíaca para outra como se os seus sarcolemas fossem contínuos.

Como as células musculares cardíacas são mecânica, química e eletricamente conectadas entre si, o tecido muscular cardíaco funciona como se fosse uma única e enorme célula muscular. A contração de qualquer célula desencadeia contrações de várias outras, e a contração dissemina-se através de todo o miocárdio. Por essa razão, o músculo cardíaco tem sido chamado de *sincício funcional* (massa funcional de células).

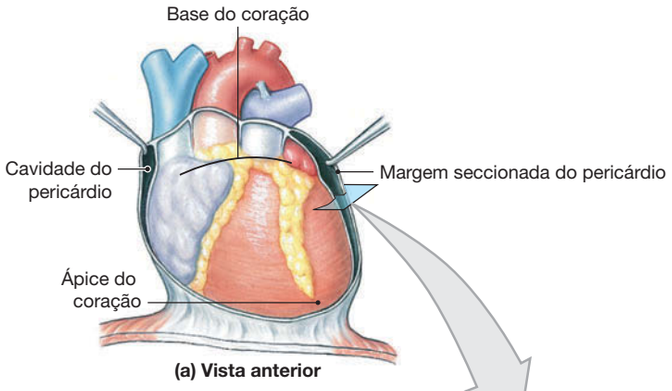
O esqueleto fibroso do coração* [Figuras 21.3b/21.7]

Os tecidos conectivos do coração incluem um grande número de fibras colágenas e elásticas (Figura 21.3b). Cada célula muscular cardíaca é envolvida por uma bainha resistente, porém elástica, e células adjacentes são mantidas unidas por fibras entrecruzadas que dão sustentação. Por sua vez, cada camada muscular apresenta um invólucro fibroso, e lâminas fibrosas separam a camada muscular superficial da camada muscular profunda. Essas camadas de tecido conectivo são contínuas a densas faixas de tecido fibroelástico que circundam (1) as bases do tronco pulmonar e da aorta e (2) as valvas cardíacas. Esta extensa rede de tecido conectivo é chamada de **esqueleto fibroso** do coração (Figura 21.7).

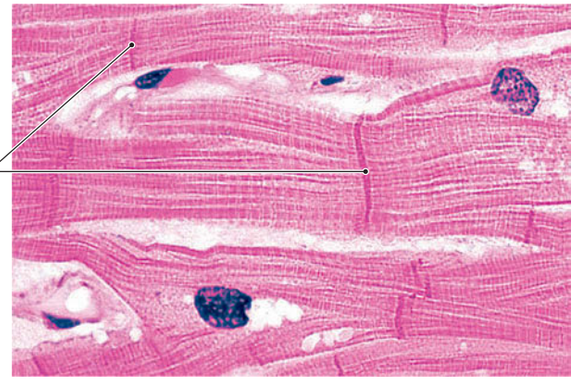
O esqueleto fibroso desempenha as seguintes funções:

1. Estabiliza as posições das células musculares e das valvas cardíacas.

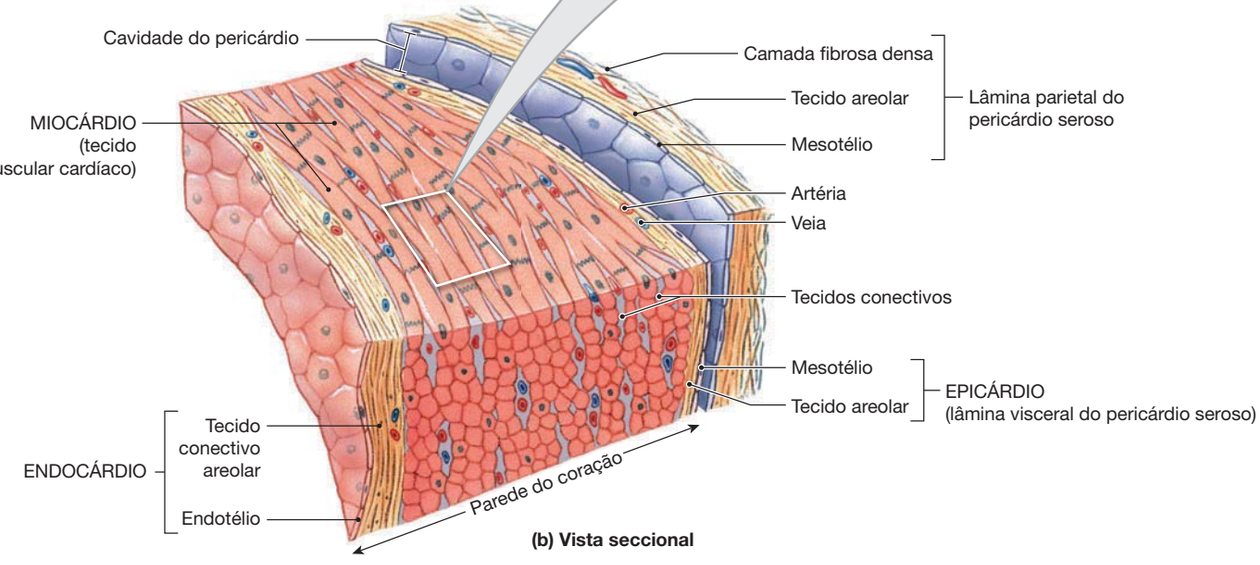
* N. de R.T. O esqueleto fibroso do coração é uma estrutura complexa de tecido conectivo denso que forma quatro anéis fibrosos (direito, esquerdo, aórtico e pulmonar), dois trígonos fibrosos (direito e esquerdo), o tendão do infundíbulo e as partes membranáceas dos septos atrioventricular e interventricular.



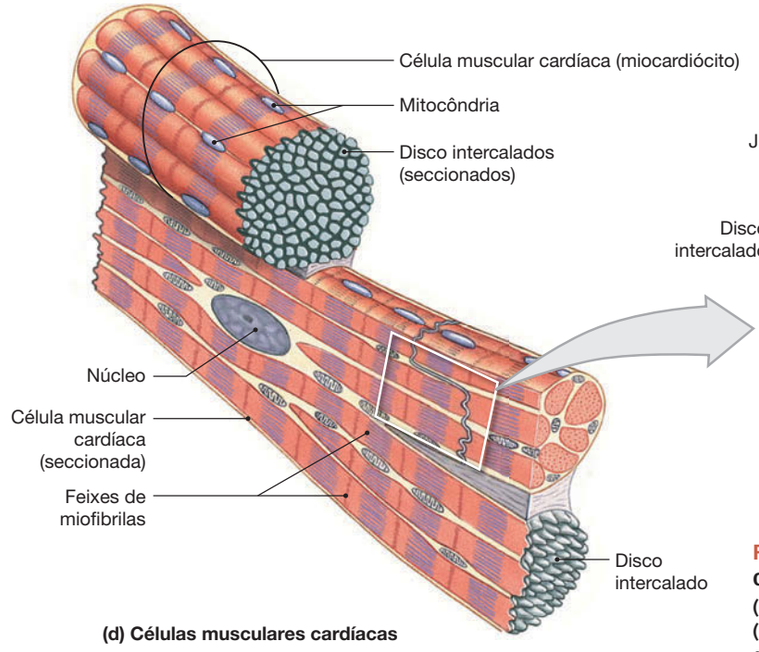
(a) Vista anterior



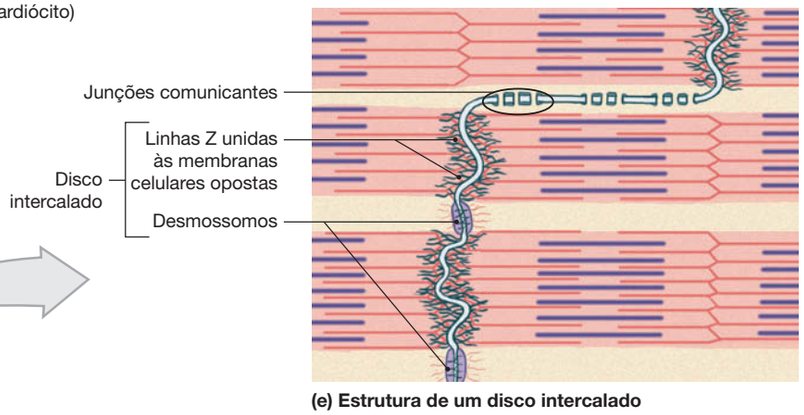
(c) Músculo estriado cardíaco (ML × 575)



(b) Vista seccional



(d) Células musculares cardíacas



(e) Estrutura de um disco intercalado

Figura 21.3 Organização histológica do tecido muscular na parede do coração.

(a) Vista anterior do coração mostrando vários pontos de referência importantes. **(b)** Secção tranversal da parede do coração mostrando a estrutura do epicárdio, do miocárdio e do endocárdio. **(c)** e **(d)** Imagem histológica e representação diagramática do tecido muscular cardíaco. As características diferenciais das células musculares cardíacas incluem (1) tamanho pequeno; (2) núcleo único central; (3) interconexões ramificadas entre as células; e (4) presença de discos intercalados. **(e)** Estrutura de um disco intercalado.

2. Oferece sustentação física para as células musculares cardíacas e para os vasos sangüíneos e nervos no miocárdio.
3. Distribui as forças de contração.
4. Reforça as válvulas das valvas cardíacas e auxilia na prevenção da hiperdilatação do coração.
5. Oferece elasticidade, característica que auxilia o retorno do coração ao seu formato original após cada contração.
6. Isola fisicamente as células musculares atriais das células musculares ventriculares; como veremos posteriormente, este isolamento é vital para a coordenação das contrações cardíacas.

REVISÃO DOS CONCEITOS

1. Como distinguir uma amostra de tecido muscular cardíaco de outra de tecido muscular esquelético?
2. O que é a cavidade do pericárdio?
3. Como as células musculares cardíacas conectam-se entre si?
4. Por que o músculo cardíaco é chamado de sincício funcional?

Veja a seção de Respostas na parte final do livro.

Orientação e configuração externa do coração [Figuras 21.2b/21.4/21.5]

Embora a publicidade e os desenhos animados freqüentemente representem o coração no centro do tórax, uma secção sagital não dividiria o coração em duas metades. Isso porque o coração (1) localiza-se levemente à esquerda da linha média, (2) situa-se em um ângulo oblíquo em relação ao eixo longitudinal do corpo e (3) está rodado em direção ao lado esquerdo.

1. *O coração localiza-se levemente à esquerda da linha média*: O coração está localizado no interior do mediastino, entre os dois pulmões. Como o coração situa-se levemente à esquerda da linha média, a depressão na superfície medial do pulmão esquerdo é consideravelmente mais profunda do que a depressão correspondente na superfície medial do pulmão direito. A **base** do coração é a ampla porção superior, onde o coração se liga às grandes artérias e veias das circulações pulmonar e sistêmica. A base do coração inclui as origens dos grandes vasos e as superfícies superiores dos dois átrios. Em nossa analogia anterior com o balão, a base corresponde ao punho (Figura 21.2b). A base situa-se posteriormente ao esterno no nível da terceira cartilagem costal, deslocada do centro em aproximadamente 1,2 cm para o lado esquerdo (Figura 21.4). O **ápice do coração** é a extremidade inferior arredondada, voltada lateralmente, posicionada em ângulo oblíquo. Um coração adulto típico mede aproximadamente 12,5 cm da base ao ápice. O ápice atinge o quinto espaço intercostal, cerca de 7,5 cm à esquerda da linha média.
2. *O coração situa-se em um ângulo oblíquo em relação ao eixo longitudinal do corpo:* A base forma a **margem superior** do coração. A **margem direita** do coração é formada pelo átrio direito; a **margem esquerda** é formada pelo ventrículo esquerdo e por uma pequena porção do átrio esquerdo. A margem esquerda se estende até o ápice, onde encontra a **margem inferior**. A margem inferior é formada principalmente pela parede inferior do ventrículo direito.
3. *O coração está levemente rodado para a esquerda:* Como resultado desta rotação, a superfície anterior, ou **face esternocostal**, é constituída primordialmente pelo átrio direito e pelo ventrículo direito (Figura 21.5a). A parede posterior e inferior do ventrículo esquerdo forma grande parte da superfície posterior, curva, ou **face diafragmática do coração,** que se estende entre a base e o ápice do coração (Figura 21.5b).

As quatro câmaras internas do coração estão associadas às reentrâncias, ou *sulcos*, visíveis na superfície externa do coração (Figura 21.5). Um "*sulco interatrial*" raso separa os dois átrios, enquanto o **sulco coronário,** mais profundo, marca o limite entre os átrios e os ventrículos. A divisão entre os ventrículos direito e esquerdo é indicada por depressões lineares na superfície anterior (o **sulco interventricular anterior**) e na superfície posterior (o **sulco interventricular posterior**). O tecido conectivo do epicárdio nos sulcos interventriculares e coronário geralmente contém quantidades significativas de tecido adiposo que devem ser removidas para expor os sulcos a elas subjacentes. Esses sulcos também contêm as artérias e veias que suprem o músculo cardíaco.

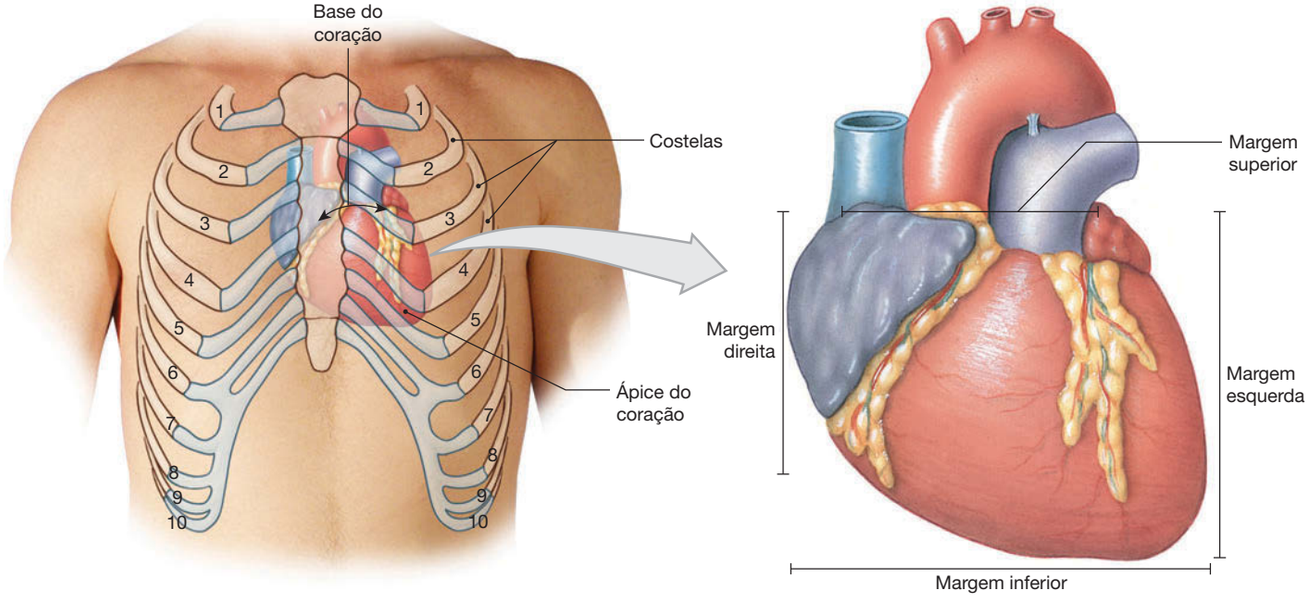
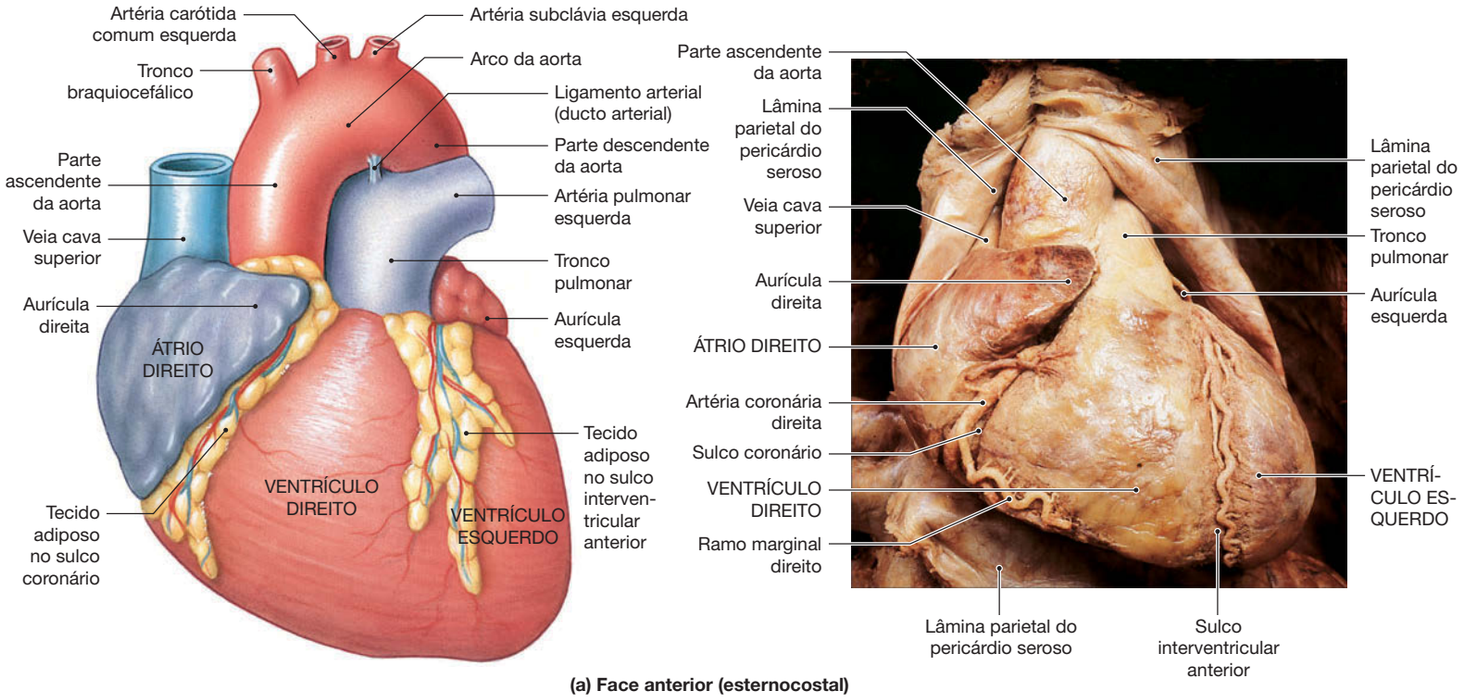
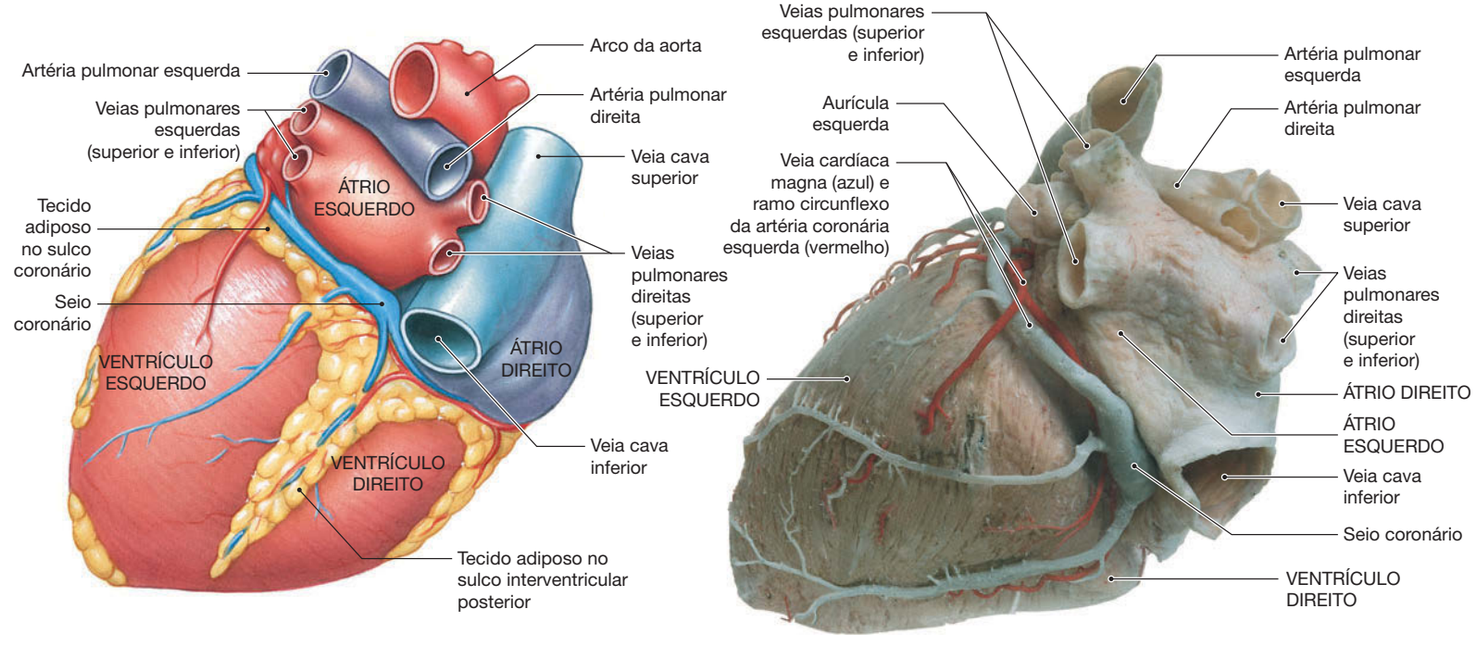


Figura 21.4 Posição e orientação do coração.
A localização do coração no interior da cavidade torácica e as margens do coração.



(a) Face anterior (esternocostal)



(b) Face posterior (diafragmática)

Figura 21.5 Configuração externa do coração.

(a) Vista anterior do coração e dos grandes vasos. Na foto, o "saco pericárdico" foi seccionado e rebatido para expor o coração e os grandes vasos. **(b)** Vista posterior do coração e dos grandes vasos; os vasos coronários foram injetados com látex colorido (*ver Figura 21.8*).

Nota clínica

Infecção e inflamação do coração Muitos microrganismos diferentes podem infectar o tecido cardíaco, causando doenças graves. **Cardite** é um termo genérico para inflamação do coração. Condições clínicas resultantes de infecções cardíacas geralmente são identificadas pelo local primário da infecção. Por exemplo, infecções que atingem o endocárdio produzem sintomas de *endocardite,* uma condição que afeta principalmente as cordas tendíneas e as valvas cardíacas; a taxa de mortalidade pode atingir 21 a 35%. As complicações mais graves da endocardite resultam da formação de coágulos sangüíneos nas superfícies danificadas. Esses coágulos, em seguida, se desprendem e caem na corrente sangüínea como êmbolos circulantes, podendo causar acidentes vasculares encefálicos, infartos, insuficiência renal e morte.

A *miocardite*, inflamação do músculo cardíaco, pode ser causada por bactérias, vírus, protozoários ou fungos patogênicos que atacam diretamente o miocárdio ou produzem toxinas que o danificam. O sarcolema das células musculares cardíacas infectadas tem sua capacidade condutiva facilitada e a freqüência cardíaca pode subir drasticamente. Com o tempo, podem ocorrer o surgimento de contrações anômalas e o enfraquecimento do músculo cardíaco, problemas estes que podem acabar levando à morte.

Se o pericárdio torna-se inflamado ou infeccionado, pode ocorrer acúmulo de líquido de forma abrupta na cavidade do pericárdio e, conseqüentemente, ao redor do coração (**tamponamento cardíaco**), ou a diminuição da elasticidade do pericárdio (*pericardite constritiva).* Em ambas as condições, a expansão do coração é restringida e o débito cardíaco é diminuído. O tratamento envolve a drenagem do líquido excedente ou a abertura de uma janela no "saco pericárdico".

Os átrios e ventrículos têm funções muito diferentes – os átrios recebem sangue* que deve seguir para os ventrículos, enquanto os ventrículos devem propelir o sangue para as circulações pulmonar e sistêmica. Estas diferenças funcionais estão relacionadas a diferenças estruturais internas e externas. Observe, na Figura 21.5, os detalhes da configuração externa do coração e as características diferenciadas dos átrios e dos ventrículos.

O átrio direito situa-se ântero-inferiormente e à direita do átrio esquerdo. O átrio esquerdo se estende posteriormente ao átrio direito; constitui a maior parte da superfície posterior do coração, superiormente ao sulco coronário. Os dois átrios têm paredes musculares relativamente finas e, como resultado, são altamente distensíveis. Quando o átrio está vazio, sua porção externa desinfla-se e o átrio assemelha-se a uma aba enrugada e ondulada. A extensão expansível do átrio é chamada de **aurícula** (*auris*, orelha) porque os antigos anatomistas consideraram seu aspecto semelhante ao de uma orelha. A aurícula também é conhecida como *apêndice auricular.*

Os ventrículos situam-se inferiormente ao sulco coronário (Figura 21.5). O ventrículo direito constitui grande parte da face esternocostal do coração. O ventrículo esquerdo estende-se desde o sulco coronário até o ápice do coração, formando a face pulmonar esquerda e a face diafragmática do coração.

Anatomia interna e organização do coração [Figura 21.6]

A Figura 21.6 mostra os detalhes da anatomia interna e a organização funcional dos átrios e ventrículos. Os átrios são separados pelo **septo interatrial** (*septum*, parede), e o **septo interventricular** separa os ventrículos (Figura 21.6a,c). Cada átrio se comunica com o ventrículo ipsilateral. **Valvas** são pregas de endocárdio que se estendem no interior das aberturas entre os átrios e os ventrículos. Essas valvas abrem e fecham para evitar fluxo retrógrado, mantendo assim um fluxo unidirecional do sangue dos átrios para os ventrículos. (A estrutura e a função das valvas serão descritas em um tópico separado.)

Um átrio funciona para coletar o sangue que retorna ao coração e passá-lo ao ventrículo a ele conectado. As demandas funcionais sobre os átrios direito e esquerdo são muitos semelhantes, e as duas câmaras têm aparência quase idêntica. Já as demandas sobre os ventrículos direito e esquerdo são bastante diferentes, havendo distinções estruturais significativas entre os dois.

O átrio direito [Figuras 21.5/21.6a,c]

O átrio direito recebe sangue venoso, pobre em oxigênio, da circulação sistêmica por meio da **veia cava superior** e da **veia cava inferior** (Figuras 21.5 e 21.6a,c). A veia cava superior, que se abre na porção súpero-posterior do átrio direito, traz o sangue venoso proveniente da cabeça, do pescoço, dos membros superiores e do tórax. A veia cava inferior, que desemboca na porção ínfero-posterior do átrio direito, traz o sangue venoso proveniente de tecidos e órgãos da cavidade abdominopélvica e dos membros inferiores. As veias do próprio coração, com diferentes nomes, coletam sangue da parede cardíaca e o conduzem ao **seio coronário** (Figura 21.5b). Este vaso coletor abre-se na parede posterior do átrio direito, inferiormente à abertura da veia cava inferior. (Os vasos sangüíneos do coração serão descritos em um tópico separado.)

Cristas musculares proeminentes, os **músculos pectíneos** (*pectin,* pente), estendem-se ao longo da superfície interna da aurícula direita e através da parede atrial anterior adjacente. O **septo interatrial** separa os átrios direito e esquerdo. Desde a quinta semana do desenvolvimento embrionário até o nascimento, existe uma abertura oval, o **forame oval,** localizada neste septo. (*Ver Resumos de Embriologia no Capítulo 28.*) O forame oval permite o fluxo de sangue diretamente do átrio direito para o átrio esquerdo enquanto os pulmões estão em desenvolvimento e não estão funcionantes. Ao nascimento, os pulmões começam a funcionar e o forame oval se fecha; após 48 horas ele está permanentemente fechado. Uma pequena depressão, a **fossa oval**, persiste neste local no coração adulto. Ocasionalmente, o forame oval não se fecha e permanece *patente* (aberto). Como resultado, o sangue volta a circular pela circulação pulmonar, diminuindo a eficiência da circulação sistêmica e aumentando a pressão sangüínea nos vasos pulmonares. Isso pode levar a um aumento nas dimensões do coração, ao acúmulo de líquidos nos pulmões e por fim à insuficiência cardíaca.

O ventrículo direito [Figuras 21.5/21.6]

Sangue venoso, pobre em oxigênio, passa do átrio direito ao ventrículo direito através de uma abertura ampla limitada por três bandas fibrosas. Essas bandas, ou **válvulas (cúspides)**, formam a **valva atrioventricular (AV) direita** ou "*valva tricúspide*" (Figura 21.6). As margens livres das cúspides são fixas em feixes de fibras colágenas, as **cordas tendíneas**. Esses feixes originam-se nos **músculos papilares**, projeções musculares cuneiformes da superfície ventricular interna. As cordas tendíneas limitam o movimento da valva AV e evitam o refluxo de sangue do ventrículo direito para o átrio direito; este mecanismo será detalhado posteriormente.

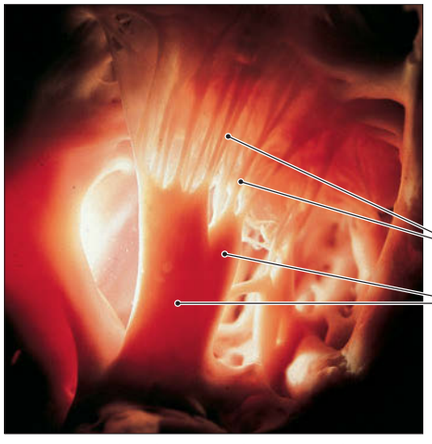
A superfície interna do ventrículo contém uma série de pregas musculares irregulares, as **trabéculas cárneas** (*carneus*, carnoso). A **trabécula septomarginal**, ou "banda moderadora", é uma faixa de músculo ventricular que se estende desde o **septo interventricular**, uma divisória muscular espessa que separa os dois ventrículos, até a parede anterior do ventrículo direito e base do músculo papilar anterior.

A extremidade superior do ventrículo direito afunila-se em uma bolsa cônica de paredes lisas, ou **cone arterial**, que termina na **valva do tronco**

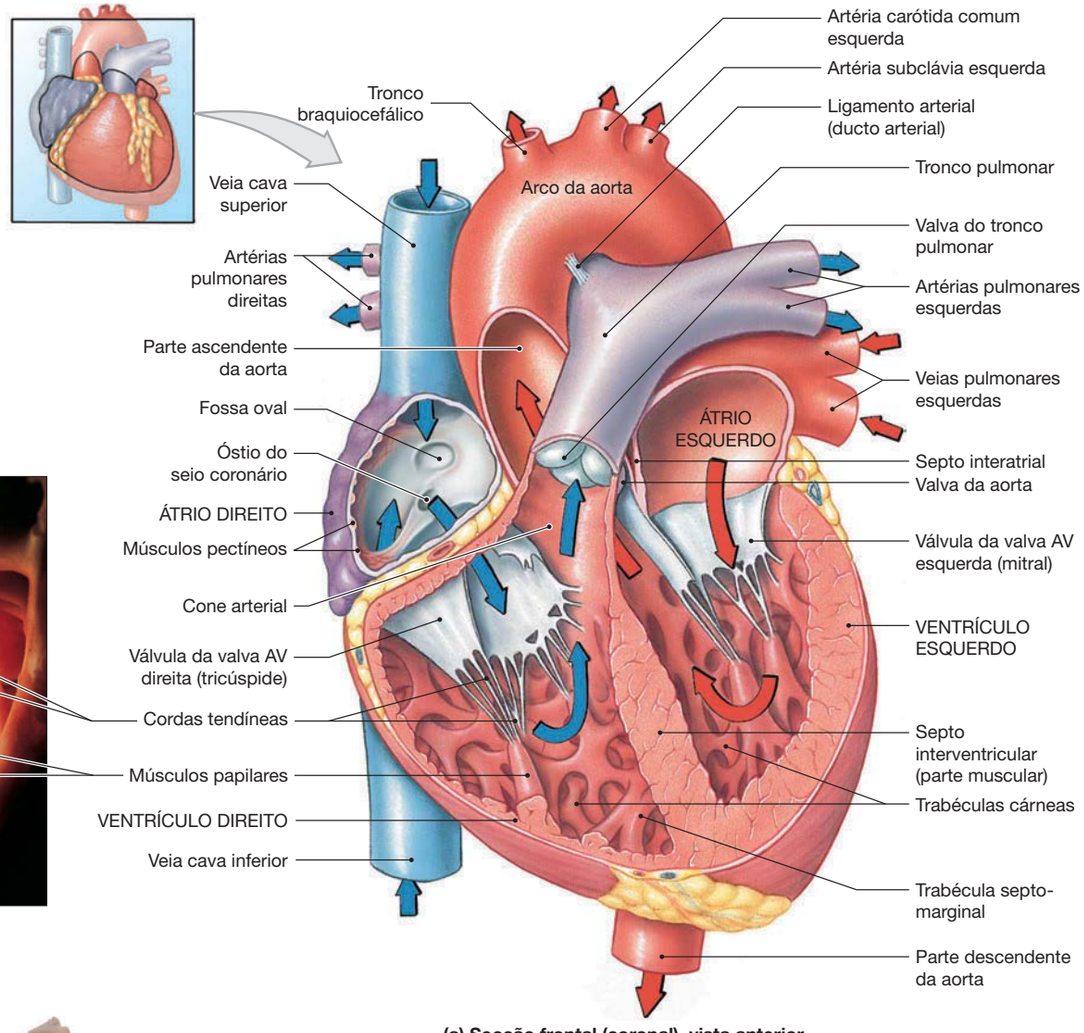
* N. de R.T. O átrio direito recebe sangue venoso, e o átrio esquerdo, sangue arterial.

Figura 21.6 Anatomia seccional do coração.

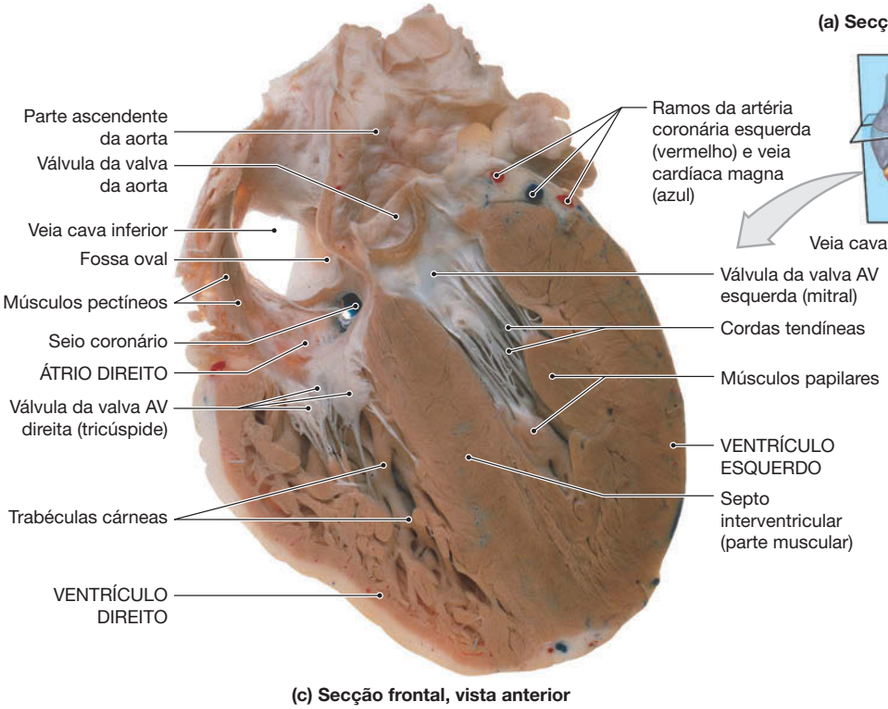
(a) Secção frontal (coronal) do coração em repouso, mostrando as principais referências e o trajeto do fluxo sanguíneo através dos átrios e ventrículos (setas). **(b)** Fotografia dos músculos papilares e das cordas tendíneas sustentando a valva AV direita. A imagem foi obtida do interior do ventrículo direito, em direção a uma luz posicionada no interior do átrio direito. **(c)** Vista anterior de uma secção coronal do coração, mostrando características internas e valvas. As artérias e veias do coração foram injetadas com látex; as artérias estão em vermelho e as veias, em azul. **(d)** Secção transversal do coração no nível da vértebra T VIII.



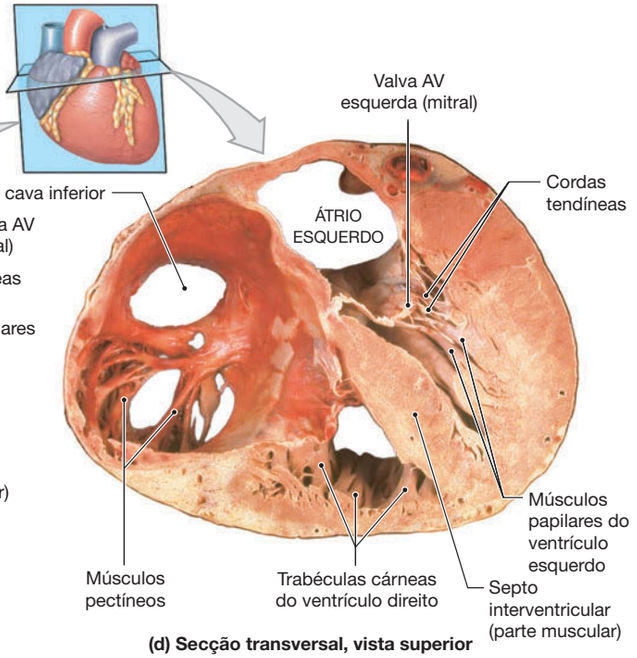
(b) Vista interna, ventrículo direito



(a) Secção frontal (coronal), vista anterior



(c) Secção frontal, vista anterior



(d) Secção transversal, vista superior

pulmonar. Essa valva consiste em três válvulas semilunares (em forma de meia-lua). Quando o sangue é ejetado do ventrículo direito, passa através dessa valva para entrar no **tronco pulmonar**, o início da circulação pulmonar. A disposição das válvulas nessa valva evita o refluxo de sangue para o ventrículo direito quando este se relaxa. A partir do tronco pulmonar, o sangue flui para as **artérias pulmonares**, **direita** e **esquerda** (Figuras 21.5 e 21.6). Estes vasos ramificam-se repetidamente no interior dos pulmões antes de suprir os capilares pulmonares, onde ocorrem as trocas gasosas.

O átrio esquerdo [Figuras 21.5/21.6a]

A partir dos capilares pulmonares, o sangue, agora rico em oxigênio, flui no interior de pequenas veias que se unem para finalmente formar quatro veias pulmonares, duas de cada pulmão. Essas **veias pulmonares direitas** e **esquerdas** desembocam na porção posterior do átrio esquerdo (Figuras 21.5 e 21.6a). O átrio esquerdo não apresenta músculos pectíneos*, mas apresenta uma aurícula. O sangue que flui do átrio esquerdo para o ventrículo esquerdo passa através da **valva atrioventricular (AV) esquerda**, também conhecida como *"valva mitral"* (*mitra*, chapéu episcopal) ou *"valva bicúspide"*. Como o próprio nome indica, essa valva contém um par de válvulas (cúspides). A valva atrioventricular esquerda permite o fluxo de sangue rico em oxigênio do átrio esquerdo para o ventrículo esquerdo, e evita o fluxo na direção oposta.

O ventrículo esquerdo [Figuras 21.5/21.6a,c,d]

O ventrículo esquerdo é o que apresenta paredes mais espessas em comparação com todas as outras câmaras cardíacas. Essa maior espessura do miocárdio permite que o ventrículo esquerdo exerça uma pressão suficiente para propelir o sangue por toda a circulação sistêmica; para efeito de comparação, o ventrículo direito apresenta paredes relativamente finas e bombeia o sangue para os pulmões e de volta ao coração, em uma distância total de somente cerca de 30 cm. A organização interna do ventrículo esquerdo assemelha-se à do ventrículo direito (Figura 21.6a,c,d). Entretanto, as trabéculas cárneas são mais proeminentes em comparação às do ventrículo direito, não há trabécula septomarginal e, uma vez que a valva mitral tem apenas duas válvulas, existem também apenas dois músculos papilares.

O sangue deixa o ventrículo esquerdo passando através da **valva da aorta** no interior da **parte ascendente da aorta**. A disposição das válvulas na valva da aorta é a mesma da valva do tronco pulmonar. Na base da parte ascendente da aorta, ocorrem dilatações saculares, adjacentes a cada válvula. Estas bolsas conjuntamente constituem o **seio da aorta**, que evita a aderência das válvulas à parede da aorta nos momentos em que a valva se abre. A *artéria coronária direita* e a *artéria coronária esquerda,* que suprem o miocárdio, têm origem no seio da aorta. A valva da aorta evita o refluxo do sangue para o ventrículo esquerdo uma vez que ele tenha sido bombeado para fora do coração em direção à circulação sistêmica. A partir da parte ascendente da aorta, o sangue flui através do **arco da aorta** para a **parte descendente da aorta** (Figuras 21.5 e 21.6a). O tronco pulmonar liga-se ao arco da aorta por meio do *ligamento arterial*, um cordão fibroso que é o remanescente de um importante vaso sangüíneo fetal**. Alterações circulatórias congênitas são descritas no Capítulo 22.

Diferenças estruturais entre os ventrículos direito e esquerdo [Figura 21.6 a,c,d]

As diferenças anatômicas entre os ventrículos direito e esquerdo são visualizadas mais claramente em imagens tridimensionais ou em cortes (Figura 21.6a,c,d). Os pulmões envolvem parcialmente a cavidade do pericárdio, e a base do coração situa-se entre os pulmões direito e esquerdo. Como resultado, as artérias e veias pulmonares são relativamente curtas e largas, e a demanda sobre o ventrículo direito não envolve forças de contração muito intensas para propelir o sangue ao longo da circulação pulmonar. A parede do ventrículo direito é relativamente fina e, em cortes, o ventrículo direito assemelha-se a uma "bolsa" fixa à massiva parede do ventrículo esquerdo. Quando o ventrículo direito contrai, ele se move em direção à parede do ventrículo esquerdo. Isso faz com que o sangue seja comprimido no interior do ventrículo, e a conseqüente elevação da pressão ejeta o sangue através da valva do tronco pulmonar para o interior do tronco pulmonar. Este mecanismo muito eficiente funciona sob pressões relativamente baixas, na medida necessária para promover a circulação do sangue no circuito pulmonar. Pressões mais elevadas implicariam riscos, pois os capilares pulmonares são muito delicados. Pressões semelhantes às exercidas nos capilares sistêmicos poderiam danificar os capilares pulmonares e ocasionar a invasão de sangue para o interior dos alvéolos pulmonares.

Uma organização semelhante de bombeamento não seria adequada para o ventrículo esquerdo, já que a demanda de força para propulsão do sangue na circulação sistêmica é cerca de sete vezes maior. O ventrículo esquerdo, cuja parede muscular é extremamente espessa, apresenta uma aparência arredondada em secção transversal. A contração do ventrículo esquerdo gera (1) a diminuição da distância entre o ápice e a base do coração e (2) a diminuição do diâmetro da câmara ventricular. Para se entender este conceito, faremos uma analogia: imagine o que ocorre em um tubo de pasta de dentes sendo enrolado e pressionado ao mesmo tempo. As forças geradas são muito poderosas, de intensidade maior que a suficiente para forçar a abertura da valva da aorta e ejetar o sangue para a parte ascendente da aorta. Quando o poderoso ventrículo esquerdo se contrai, ele também determina um abaulamento em direção à cavidade do ventrículo direito, que conseqüentemente a reduz e melhora a eficiência propulsora do referido ventrículo. Indivíduos cuja musculatura ventricular direita tenha sido gravemente danificada podem sobreviver justamente por causa desta força de propulsão adicional oferecida pela contração do ventrículo esquerdo.

REVISÃO DOS CONCEITOS

1. Qual é o nome do sulco que separa os átrios dos ventrículos?
2. Quais são as características externas que distinguem os átrios dos ventrículos?

Veja a seção de Respostas na parte final do livro.

Estrutura e função das valvas cardíacas [Figuras 21.6/21.7]

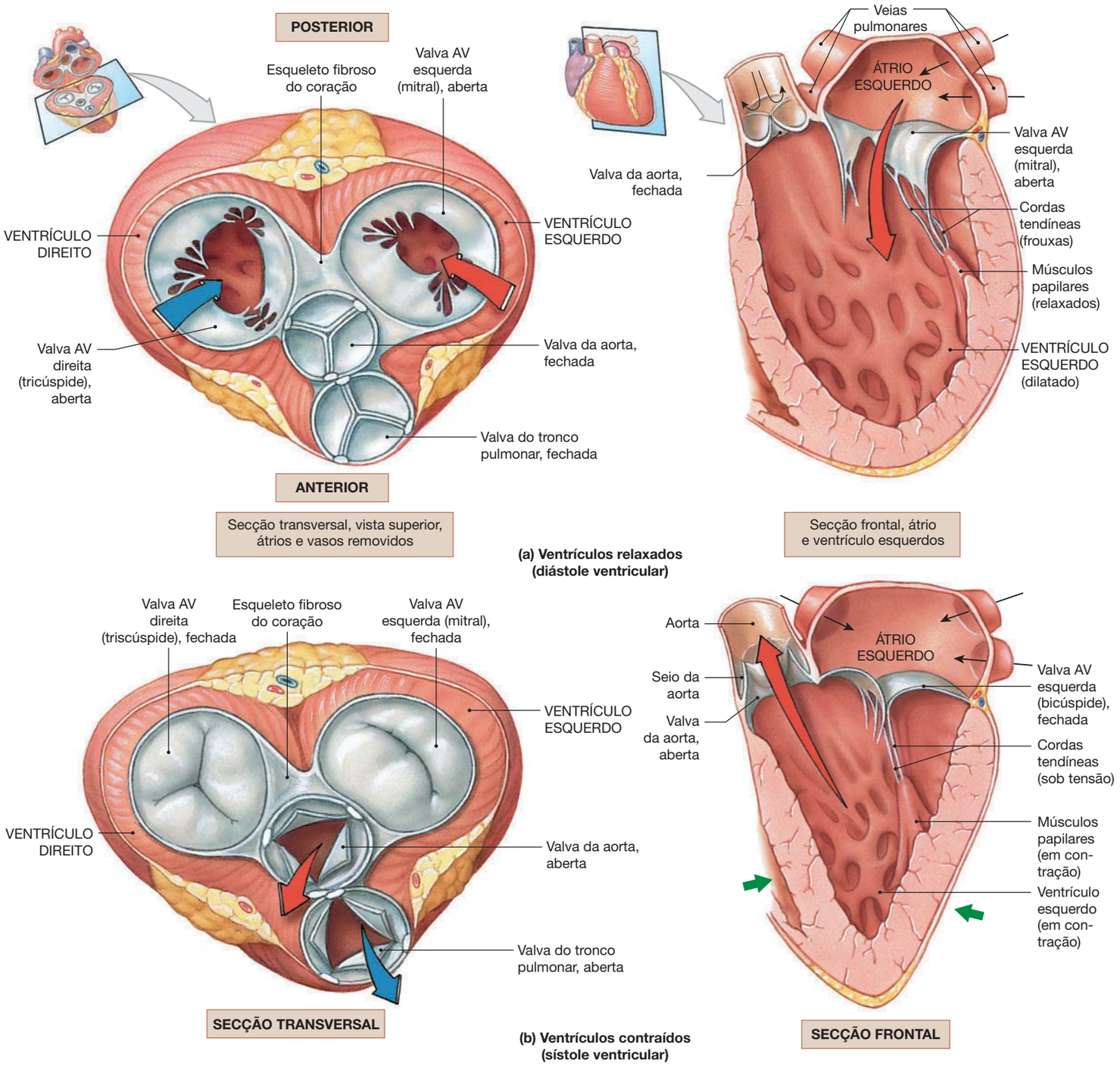
Detalhes da estrutura e função das quatro valvas do coração são mostrados nas Figuras 21.6 e 21.7.

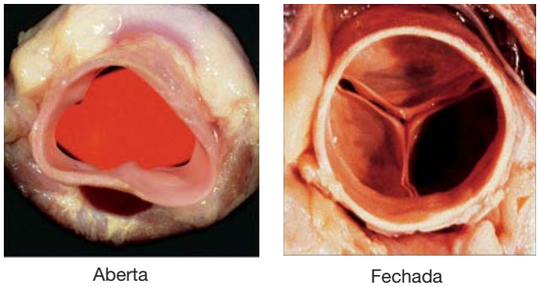
As *valvas atrioventriculares (AV)* estão situadas entre os átrios e os ventrículos. Cada valva AV tem quatro componentes: (1) um anel de tecido conectivo (direito e esquerdo) que pertence ao esqueleto fibroso do coração; (2) *válvulas* de tecido conectivo cuja função é fechar a abertura entre as câmaras do coração; e (3) *cordas tendíneas* que fixam as margens das válvulas aos (4) *músculos papilares* da parede do ventrículo.

Existem **válvulas semilunares** impedindo o fluxo retrógrado para os dois ventrículos. Essas válvulas foram assim nomeadas em função de seus formatos que se assemelham a três bolsas em forma de meia-lua. A **valva do tronco pulmonar** (três válvulas semilunares) situa-se na saída do tronco pulmonar a partir do ventrículo direito, enquanto a **valva da aorta** (três válvulas semilunares) situa-se na saída da aorta a partir do ventrículo esquerdo.

* N. de R.T. Exceto na parede da aurícula esquerda.

** N. de R.T. O ligamento arterial é remanescente do ducto arterial fetal que liga normalmente a base da artéria pulmonar esquerda à superfície inferior do arco da aorta.





(c) Função das válvulas semilunares das valvas do tronco pulmonar e da aorta

Figura 21.7 Valvas cardíacas.
As setas vermelhas e as setas azuis indicam o fluxo de sangue oxigenado e desoxigenado, respectivamente, para dentro ou para fora de um ventrículo; as setas pretas indicam o fluxo sangüíneo no interior de um átrio; e as setas verdes representam o sentido de contração ventricular. **(a)** Quando os ventrículos estão relaxados, as valvas AV direita e esquerda estão abertas e as valvas do tronco pulmonar e da aorta estão fechadas. As cordas tendíneas estão frouxas e os músculos papilares estão relaxados. **(b)** Quando os ventrículos estão contraídos, as valvas AV direita e esquerda estão fechadas e as valvas do tronco pulmonar e da aorta estão abertas. Na secção frontal, note a fixação da valva AV esquerda às cordas tendíneas e músculos papilares. **(c)** A valva da aorta em posição aberta (esquerda) e fechada (direita). As válvulas individuais reforçam-se umas às outras na posição fechada.

Nota clínica

Prolapso da valva atrioventricular esquerda ou "valva mitral" Pequenas anomalias na conformação da valva são relativamente comuns. Por exemplo, estima-se que 10% dos indivíduos entre 14 e 30 anos de idade apresentem algum grau de **prolapso de valva mitral** (**PVM**).

Nesta situação, as válvulas da valva mitral não se fecham adequadamente. O problema pode estar relacionado a conformações alteradas das cordas tendíneas, que podem ser anormalmente longas ou curtas, ou ao mau funcionamento dos músculos papilares. Como a ação da valva é imperfeita, algum grau de refluxo pode ocorrer durante as sístoles ventriculares. As ondas, turbilhonamentos e redemoinhos produzem um som murmurante conhecido como **sopro cardíaco**. Esta condição, na maioria dos casos, é completamente assintomática, e o indivíduo vive normalmente sem notar qualquer alteração circulatória. No entanto, o refluxo pode aumentar o risco de infecções da valva após extrações dentárias ou determinados procedimentos médicos.

A função das valvas durante o ciclo cardíaco

As cordas tendíneas e os músculos papilares, associados às valvas AV, apresentam atuação importante na função normal das valvas AV em um ciclo cardíaco. Durante o período de relaxamento ventricular (*diástole ventricular*), os ventrículos estão sendo preenchidos de sangue, os músculos estão relaxados, e a valva AV aberta não oferece resistência ao fluxo de sangue do átrio para o ventrículo. Durante esse período, as valvas do tronco pulmonar e da aorta estão fechadas; suas válvulas semilunares não precisam de cordas tendíneas porque suas posições são estáveis e, sendo simétricas, sustentam-se umas às outras como as hastes de um tripé.

Quando é iniciado o período de contração ventricular *(sístole ventricular)*, o sangue que deixa os ventrículos abre as valvas do tronco pulmonar e da aorta, enquanto o sangue retornando em direção aos átrios empurra e une as cúspides das valvas AV direita e esquerda. A tensão nos músculos papilares e nas cordas tendíneas limita o movimento das válvulas (cúspides), evitando o seu deslocamento excessivo e a conseqüente eversão da valva em direção aos átrios. Assim, as cordas tendíneas e os músculos papilares são essenciais para evitar o fluxo retrógrado (ou *refluxo*, ou *regurgitação*) do sangue para os átrios a cada contração ventricular.

Anomalias graves na constituição das valvas podem interferir na função cardíaca; a intensidade e a sincronia da ocorrência dos sons cardíacos relacionados podem fornecer importante informação diagnóstica. Os médicos utilizam um instrumento, denominado **estetoscópio**, para auscultar os sons normais e anormais do coração. Os sons das valvas podem ser amortecidos ao passar através do pericárdio, de tecidos circundantes e da parede torácica. Como resultado, a colocação do estetoscópio nem sempre corresponde à posição da valva sob ausculta.

Vascularização cardíaca [Figura 21.8]

O coração trabalha continuamente, e as células musculares cardíacas demandam suprimento permanente de oxigênio e nutrientes. A **circulação coronariana** faz o suprimento sangüíneo ao tecido muscular do coração. Em desempenho máximo, a demanda de oxigênio cresce consideravelmente, e o fluxo sangüíneo ao coração pode aumentar até nove vezes em relação aos níveis exigidos em situação de repouso.

A circulação coronariana (Figura 21.8) inclui uma extensa rede de vasos sangüíneos. A **artéria coronária direita** e a **artéria coronária esquerda** originam-se na base da parte ascendente da aorta, no interior do seio da aorta, como os primeiros ramos desse vaso. A pressão arterial neste local é maior do que a observada em qualquer outro local da circulação sistêmica, e essa pressão mantém um fluxo contínuo de sangue para atender às demandas do tecido muscular cardíaco ativo.

A artéria coronária direita [Figura 21.8]

A **artéria coronária direita** (ACD) origina-se na parte ascendente da aorta (seio da aorta direito), passa entre a aurícula direita e o tronco pulmonar e então continua à direita no interior do sulco coronário. Ainda que ocorram variações, geralmente os ramos da artéria coronária direita suprem (1) o átrio direito, (2) parte do átrio esquerdo, (3) o septo interatrial, (4) todo o ventrículo direito, (5) uma parte variável do ventrículo esquerdo, (6) o terço póstero-inferior do septo interventricular e (7) partes do complexo estimulante do coração. Os principais ramos são mostrados na Figura 21.8.

1. *Ramos atriais*: À medida que percorre o sulco coronário na face esternocostal, a artéria coronária direita dá origem a **ramos atriais** que suprem o miocárdio do átrio direito e parte do átrio esquerdo.
2. *Ramos ventriculares*: Nas proximidades da margem direita do coração, a artéria coronária direita geralmente dá origem ao **ramo marginal direito** que se estende em direção ao ápice do coração ao longo da margem direita do ventrículo direito; continua-se, então, no interior do sulco coronário na face diafragmática do coração, onde origina o **ramo interventricular posterior,** ou *"artéria descendente posterior"*, que faz trajeto em direção ao ápice do coração, no interior do sulco interventricular posterior. Esse ramo supre o septo interventricular e partes adjacentes dos ventrículos.
3. *Ramos para o complexo estimulante*: Um pequeno ramo próximo à origem da artéria coronária direita (ramo do nó sinoatrial) penetra a parede atrial para atingir o *nó sinoatrial (SA)*, também conhecido como *"marca-passo cardíaco"*. Um pequeno ramo para o *nó atrioventricular (AV)*, outra parte do complexo estimulante do coração, origina-se na artéria coronária direita, próximo ao ramo interventricular posterior. Esses nós e suas funções na regulação do batimento cardíaco serão descritos posteriormente.

A artéria coronária esquerda [Figura 21.8]

A **artéria coronária esquerda** normalmente supre (1) a maior parte do ventrículo esquerdo, (2) uma estreita faixa do ventrículo direito, (3) a maior parte do átrio esquerdo e (4) os dois terços anteriores do septo interventricular. Ao atingir a face esternocostal do coração, ela dá origem a um *ramo circunflexo* e a um *ramo interventricular anterior* (Figura 21.8). O **ramo circunflexo** curva-se para a esquerda no interior do sulco coronário, onde origina um ou mais ramos diagonais*, em direção à face diafragmática do coração. Origina geralmente um **ramo marginal esquerdo** e, ao atingir a face diafragmática do coração, origina o **ramo posterior do ventrículo esquerdo**. As porções distais do ramo circunflexo freqüentemente se anastomosam com pequenos ramos da artéria coronária direita. O ramo mais longo, **ramo interventricular anterior,** ou *"ramo descendente anterior"*, faz trajeto ao longo da face esternocostal, no interior do sulco interventricular anterior. Esse ramo supre o miocárdio ventricular anterior e os dois terços anteriores do septo interventricular. Pequenos ramos do ramo interventricular anterior são contínuos com aqueles do ramo interventricular posterior, da artéria coronária direita. Essas interconexões entre as artérias são denominadas **anastomoses** (*anastomosis*, passagem). Como os ramos interventriculares são interconectados, o suprimento sangüíneo ao miocárdio ventricular permanece relativamente constante, apesar das variações da pressão no interior das artérias coronárias direita e esquerda.

* N. de R.T. O termo ramo diagonal não consta na Terminologia Anatômica, porém é utilizado para denominar o ramo que se origina da artéria coronária esquerda, entre os ramos interventricular anterior e circunflexo.

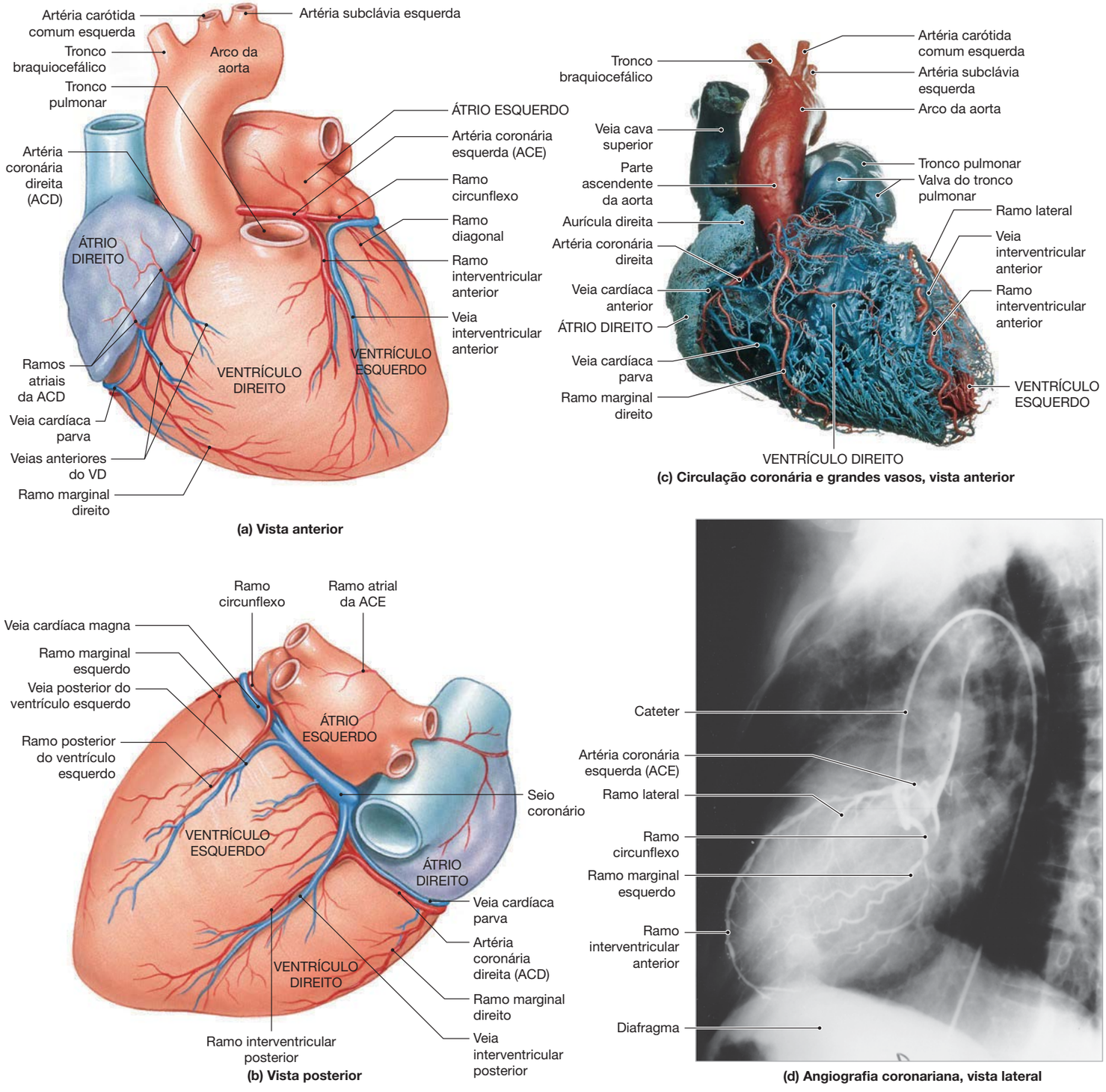
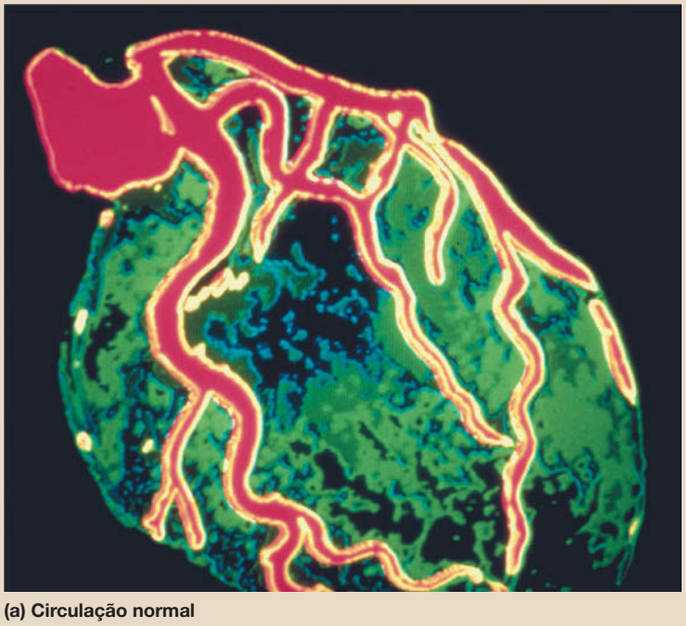


Figura 21.8 Circulação coronariana.

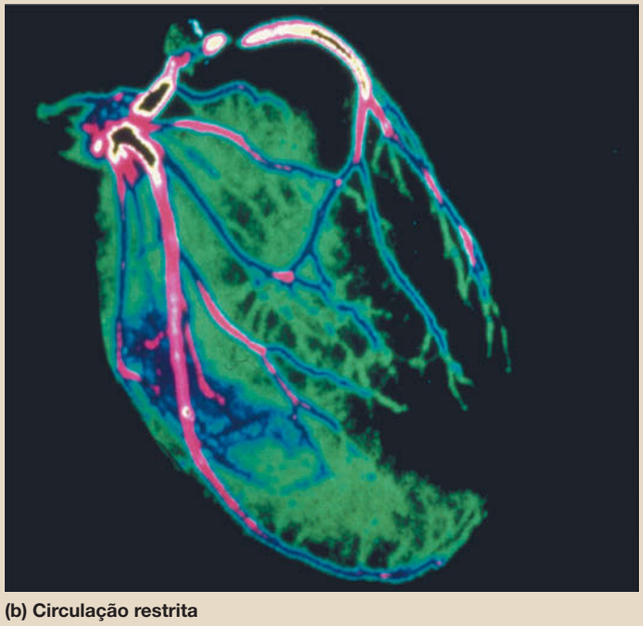
(a) Artérias coronárias que suprem a face esternocostal do coração. **(b)** Artérias coronárias que suprem a face diafragmática do coração. **(c)** Modelo da vascularização cardíaca mostrando a complexidade e a extensão da circulação coronariana. Artérias coronárias também são visíveis na *Figura 21.5*. **(d)** Angiografia coronariana mostrando as artérias coronárias, projeção lateral esquerda.

Nota clínica

Doença arterial coronariana O termo **doença arterial coronariana (DAC)** refere-se às alterações degenerativas na circulação coronariana. As fibras musculares cardíacas necessitam de suprimento constante de oxigênio e nutrientes, e qualquer redução na circulação coronariana produz uma redução correspondente no desempenho cardíaco. Essa redução do suprimento circulatório, conhecida como **isquemia coronariana**, geralmente resulta de um bloqueio total ou parcial das artérias coronárias. A causa mais freqüente desse bloqueio é a formação de um depósito de gordura e cálcio, ou *placa*, na parede da artéria coronária e/ou ramos. A placa, ou um trombo associado, diminui a passagem e reduz ou interrompe o fluxo sangüíneo. Espasmos na musculatura lisa da parede dos vasos podem diminuir ainda mais o fluxo sangüíneo, ou mesmo interrompê-lo. Uma variedade de procedimentos de imagem pode ser utilizada para visualizar a circulação coronariana, incluindo a **angiografia coronariana** (Figura 21.8d) e a angiografia digital por subtração (ADS) (Figura 21.9a,b).



(a) Circulação normal



(b) Circulação restrita

(c) Angioplastia por balão

(d) *Stent* coronariano

Figura 21.9 Circulação coronariana e teste clínico.
(a) Imagem de angiografia digital por subtração (ADS) colorida e ampliada de um coração saudável. As paredes ventriculares apresentam intenso suprimento vascular. (Os átrios não são mostrados.) **(b)** Imagem de ADS colorida e ampliada de um coração lesado. A maior parte do miocárdio ventricular encontra-se sem suprimento sangüíneo. **(c)** A angioplastia por balão pode ser utilizada em alguns casos para remover um bloqueio vascular. O cateter é guiado através das artérias coronárias até o local da obstrução e é então inflado de modo a pressionar a placa macia contra a parede do vaso. **(d)** Freqüentemente um *stent* é inserido após a angioplastia para prevenir a recorrência de placas. Esta imagem mostra um *stent* inserido no ramo interventricular anterior da artéria coronária esquerda.

Nota clínica (*continuação*)

Um dos primeiros sintomas da DAC é freqüentemente a **angina** (*angina,* espasmo doloroso). Na forma mais comum da angina, uma isquemia e uma deficiência temporária do suprimento de oxigênio desenvolvem-se com o aumento da solicitação de trabalho do coração. Embora o indivíduo possa sentir-se confortável em repouso, qualquer exercício incomum ou estresse emocional pode produzir uma sensação de pressão, constrição no peito e dor na região do esterno que pode irradiar-se para braços, dorso e pescoço.

A angina pode muitas vezes ser controlada pela combinação de medicamentos e mudanças no estilo de vida. Modificações no estilo de vida que combatem a angina incluem: (1) limitar as atividades reconhecidamente desencadeantes dos ataques de angina, como exercícios extenuantes, além de evitar situações estressantes e se exercitar com moderação e regularidade dentro de limites tolerados; (2) parar de fumar; e (3) modificar a dieta diminuindo a ingestão de gorduras. Medicamentos úteis para o controle da angina incluem drogas que bloqueiam a estimulação simpática (*propranolol* ou *metoprolol*); vasodilatadores como a *nitroglicerina* ou *peptídeos natriuréticos atriais;* ou drogas que bloqueiam o movimento do cálcio para o interior das fibras musculares cardíacas (*bloqueadores dos canais de cálcio*). Drogas que diminuem os níveis de colesterol e lipídeos no sangue podem evitar o crescimento da placa ou mesmo causar sua regressão.

A angina também pode ser tratada cirurgicamente. Uma única placa macia pode ser removida com o auxílio de um **cateter** longo e delgado. O cateter, um tubo de pequeno diâmetro, é inserido no interior de uma artéria de grande calibre (geralmente a artéria femoral) e guiado até a placa na artéria coronária. Vários tipos de dispositivos cirúrgicos podem ser introduzidos no interior do cateter, e a placa pode ser removida por radiação *laser* ou fragmentada por lâminas rotativas similares a um minitriturador. Os fragmentos criados pela destruição da placa são sugados pelo cateter, evitando bloqueios de vasos menores.

Na **angioplastia por balão** (*angeion*, vaso), a extremidade do cateter contém um balão inflável. Uma vez em posição, o balão é inflado, comprimindo a placa contra as paredes do vaso (**Figura 21.9c**). Este procedimento funciona melhor nas placas pequenas (menores que 10 mm) e macias. Uma vez que reestenoses, ou estreitamentos repetidos, podem se desenvolver, *stents metálicos* podem ser colocados no interior da artéria para mantê-la aberta (**Figura 21.9d**).

A **cirurgia de *bypass coronariano*** envolve a retirada de um pequeno fragmento de uma pequena artéria (freqüentemente a *artéria torácica interna*) ou de uma veia periférica (veia safena magna), e a utilização desse fragmento na criação de um desvio ao redor da obstrução na artéria coronária. Até quatro artérias podem ser redirecionadas desse modo em um único procedimento cirúrgico. Os procedimentos são nomeados de acordo com o número de vasos corrigidos, sendo possível referir-se à cirurgia como *bypass* coronariano simples, duplo, triplo ou quádruplo. As recomendações atuais para esse procedimento cirúrgico sugerem que ele seja reservado para casos graves de angina, que não respondem a outros tratamentos.

As veias cardíacas [Figuras 21.5b/21.8a,b]

A **veia interventricular anterior** e a **veia interventricular posterior** coletam sangue de pequenas veias que drenam os capilares do miocárdio e conduzem este sangue venoso ao **seio coronário**, uma grande veia de paredes delgadas situada na parte posterior do sulco coronário (**Figuras 21.5b** e **21.8a,b**). Conforme já citado neste capítulo, o seio coronário abre-se no átrio direito, inferiormente ao óstio da veia cava inferior.

As veias cardíacas que se esvaziam no seio coronário ou na veia cardíaca magna incluem (1) a **veia posterior do ventrículo esquerdo**, que drena a área servida pelo ramo circunflexo; (2) a **veia interventricular posterior** (v. cardíaca média), que drena a área suprida pelo ramo interventricular posterior; e (3) a **veia cardíaca parva**, que recebe sangue das superfícies posteriores do átrio e do ventrículo direitos. As **veias anteriores do ventrículo direito** que drenam a superfície anterior do ventrículo direito desembocam diretamente no átrio direito.

REVISÃO DOS CONCEITOS

1. O que aconteceria se não houvesse valvas entre os átrios e os ventrículos?
2. Quais são as três veias principais que se abrem no átrio direito?
3. Descreva o trajeto do sangue desde o ventrículo esquerdo até as superfícies respiratórias dos pulmões.
4. O que impede que as valvas AV se abram de volta na direção dos átrios?

Veja a seção de Respostas na parte final do livro.

O ciclo cardíaco [Figura 21.10]

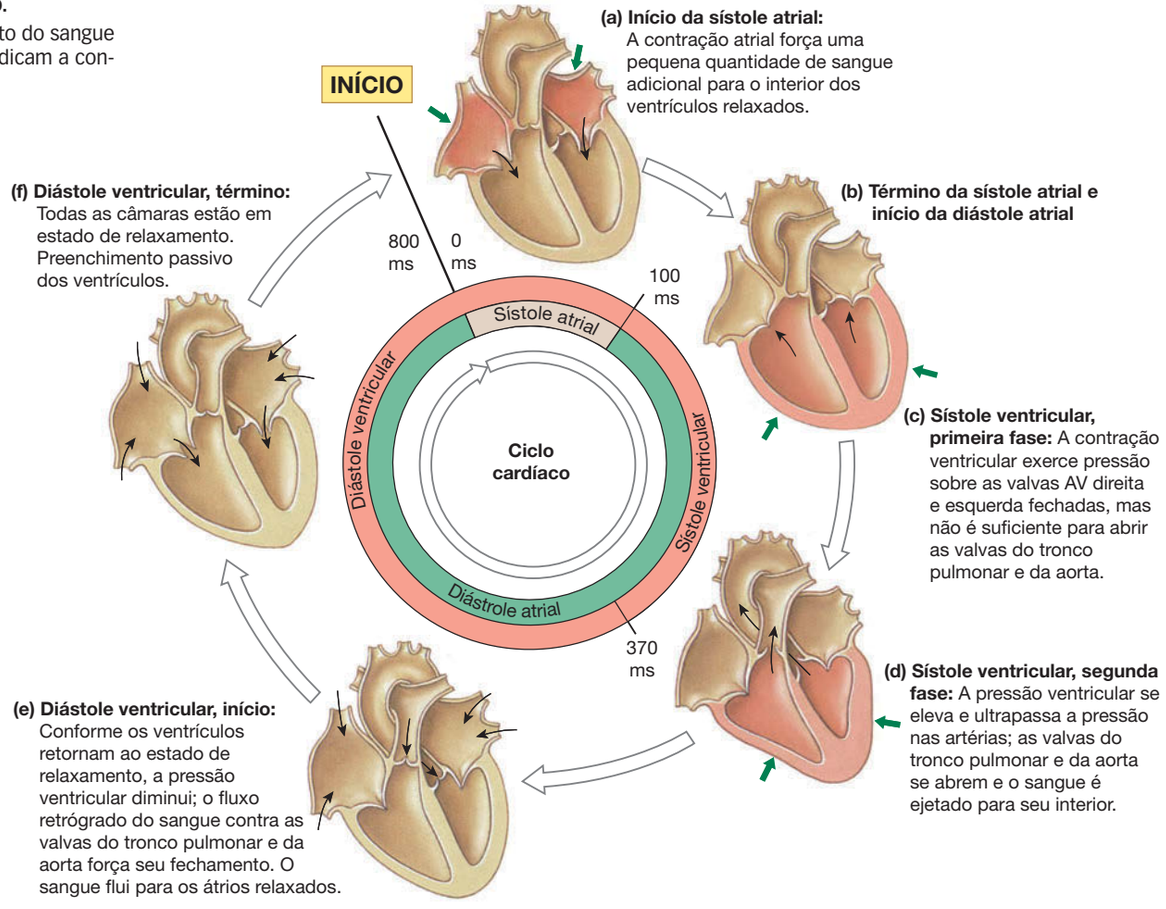
Um ciclo cardíaco é o período entre o início de dois batimentos cardíacos consecutivos. Assim sendo, o ciclo cardíaco inclui períodos alternados de contração e relaxamento. Para cada uma das câmaras cardíacas, o ciclo pode ser dividido em duas fases. Durante a contração, ou **sístole**, a câmara ejeta o sangue para o interior de outra câmara ou para um tronco arterial. A sístole é seguida por uma segunda fase, de relaxamento, ou **diástole**. Durante a diástole, a câmara se enche de sangue e se prepara para iniciar um novo ciclo cardíaco. Os eventos de um ciclo cardíaco estão resumidos na **Figura 21.10**.

A coordenação das contrações cardíacas [Figura 21.11]

A função de qualquer bomba é desenvolver pressão e movimentar um volume determinado de líquido em uma direção específica e em uma velocidade ideal. O coração trabalha em ciclos de contração e relaxamento, e a pressão no interior das câmaras aumenta e diminui alternadamente. As valvas AV direita e esquerda e as valvas do tronco pulmonar e da aorta contribuem para assegurar a unidirecionalidade do fluxo sangüíneo, apesar destas oscilações de pressão. O sangue fluirá de um átrio para um ventrículo somente se a valva AV estiver aberta e se a pressão atrial for maior do que a pressão ventricular. De modo semelhante, o sangue fluirá de um ventrículo para um tronco arterial somente se as valvas do tronco pulmonar e da aorta estiverem abertas e se a pressão ventricular exceder a pressão arterial. Assim, o funcionamento adequado do coração depende da cronologia apropriada das contrações atriais e ventriculares. Essa cronologia é normalmente propiciada por elaborados sistemas de marca-passo e condução (complexo estimulante do coração).

Diferentemente do músculo esquelético, o tecido muscular cardíaco contrai-se por si mesmo independentemente de estimulação nervosa ou hormonal. Esta capacidade inerente de gerar e conduzir impulsos é denominada *automaticidade* ou *auto-ritmicidade.* (A automaticidade é também característica de alguns tipos de tecido muscular liso, discutidos no Capítulo 25.) Estímulos nervosos ou hormonais podem alterar o ritmo basal de contração, porém mesmo um coração removido para transplante continuará a bater a menos que medidas sejam tomadas para evitá-lo.

Figura 21.10 O ciclo cardíaco.
As setas pretas indicam movimento do sangue ou das valvas; as setas brancas indicam a contração do miocárdio.



Cada contração segue uma seqüência precisa: os átrios se contraem primeiro e depois os ventrículos. Se as contrações seguem outra seqüência, o padrão normal do fluxo sangüíneo é alterado. Por exemplo, se os átrios e os ventrículos se contraem ao mesmo tempo, o fechamento das valvas AV direita e esquerda impede o fluxo sangüíneo entre os átrios e os ventrículos. As contrações cardíacas são coordenadas por *células condutoras* especializadas, células musculares cardíacas que não são capazes de ser submetidas a contrações poderosas. Existem duas populações distintas dessas células. As **células nodais** são responsáveis pelo estabelecimento da velocidade da contração cardíaca, e as **fibras condutoras** distribuem o estímulo contrátil ao miocárdio em geral (Figura 21.11).

Os nós sinoatrial e atrioventricular

[Figura 21.11]

As células nodais são incomuns porque suas membranas celulares despolarizam-se espontaneamente ao atingirem o limiar. As células nodais estão eletricamente ligadas umas às outras, a fibras condutoras e a células musculares cardíacas normais. Como resultado, um potencial de ação iniciado em uma célula nodal propaga-se rapidamente através do complexo estimulante, atingindo a totalidade do tecido muscular cardíaco e causando uma contração. Desse modo, as células nodais determinam a freqüência cardíaca.

Nem todas as células nodais se despolarizam na mesma velocidade, e a velocidade normal de contração é estabelecida pelas células nodais que atingem o limiar mais rapidamente; o impulso por elas produzido levará todas as outras células a atingirem o limiar. Essas células que se despolarizam rapidamente são denominadas **células marca-passo**. As células marca-passo são encontradas no **nó sinoatrial (nó SA)**, ou **marca-passo cardíaco**. O nó SA está incluso na parede do átrio direito, próximo à desembocadura da veia cava superior* (Figura 21.11). Células marca-passo isoladas despolarizam-se rápida e espontaneamente, gerando entre 80 e 100 potenciais de ação por minuto.

Cada vez que o nó SA gera um impulso, produz um batimento cardíaco; assim, teoricamente, a freqüência cardíaca de repouso deve ser de 80 a 100 batimentos por minuto (bpm). No entanto, qualquer fator que alterar o potencial de ação ou modificar a velocidade de despolarização espontânea no nó SA alterará também a freqüência cardíaca. Por exemplo, a atividade da célula nodal é afetada pela atividade do sistema nervoso autônomo. Quando a acetilcolina (ACh) é liberada por neurônios parassimpáticos, a velocidade de despolarização diminui, assim como a freqüência cardíaca. Ao contrário, quando a noradrenalina é liberada por neurônios simpáticos, a velocidade de despolarização aumenta, assim como a freqüência cardíaca. Sob condições normais de repouso, a atividade parassimpática diminui a freqüência cardíaca, pois a velocidade das células nodais, que é 80 a 100 impulsos por minuto, diminui para 70 a 80 batimentos por minuto.

Alguns problemas clínicos resultam da alteração da função normal do marca-passo. **Bradicardia** (*bradys,* lento) é o termo usado para indicar uma freqüência menor que a normal, enquanto uma freqüência acima do normal é denominada **taquicardia** (*tachys,* rápido). Ambos os termos são relativos e, na prática clínica, a definição varia dependendo da freqüência cardíaca normal em repouso e do condicionamento do indivíduo.

* N. de R.T. O nó SA localiza-se no ponto de encontro de três linhas: (1) margem superior da aurícula direita, (2) junção ântero-lateral da veia cava superior com o átrio direito e (3) sulco terminal.

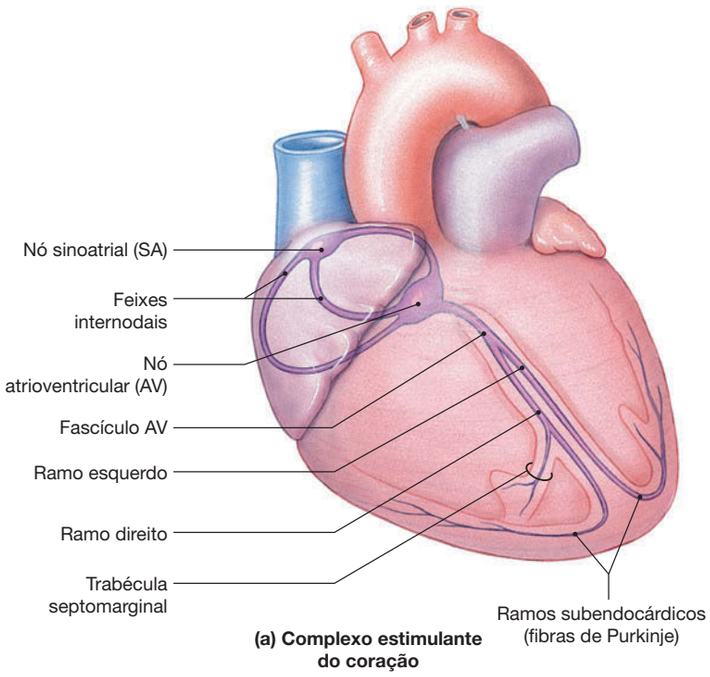


Figura 21.11 O complexo estimulante do coração.
(a) O estímulo para contração é gerado por células marca-passo do nó SA. A partir daí, os impulsos seguem três vias diferentes através da parede do átrio direito para atingir o nó AV. Após um breve intervalo de tempo, os impulsos são conduzidos ao fascículo AV (feixe de His), que se continua nos ramos direito e esquerdo. Esses ramos dividem-se nos ramos subendocárdicos (fibras de Purkinje), que são contínuos com os cardiomiócitos ventriculares. **(b)** A via de condução dos estímulos contráteis através do coração é mostrada nas ETAPAS 1 a 5.

Complexo estimulante do coração [Figura 21.11]

As células do nó SA estão eletricamente conectadas àquelas do **nó atrioventricular (nó AV)** através de fibras condutoras presentes na parede do átrio direito (feixes internodais anterior, médio e posterior) (Figura 21.11). Quando o sinal para contração passa do nó SA para o nó AV, por meio dos *feixes internodais*, as fibras condutoras também transmitem o estímulo contrátil para células musculares cardíacas de ambos os átrios. O potencial de ação, então, dissemina-se nas superfícies atriais por meio do contato celular (junções comunicantes). O estímulo afeta apenas os átrios, porque o esqueleto fibroso isola eletricamente o miocárdio atrial do miocárdio ventricular.

O nó AV situa-se no soalho do átrio direito, nas proximidades do óstio do seio coronário. Em função de diferenças no formato das células nodais, a velocidade do impulso é reduzida ao passar através do nó AV. A partir daí, o impulso é conduzido para o **fascículo AV**, também conhecido como *feixe de His*. Esse fascículo grande e compacto de fibras condutoras perfaz um curto trajeto ao longo do septo interventricular, antes de se dividir em um **ramo direito** e um **ramo esquerdo** que se estendem em direção ao ápice do coração e então se irradiam através das superfícies internas de ambos os ventrículos (**os ramos subendocárdicos**). Neste ponto, os ramos subendocárdicos (células de Purkinje ou fibras de Purkinje) conduzem os impulsos muito rapidamente até as células contráteis do miocárdio ventricular. As fibras condutoras da banda moderadora conduzem o estímulo aos músculos papilares, que tensionam as cordas tendíneas antes da contração dos ventrículos.

O estímulo para contração é gerado no nó SA, e as relações anatômicas entre as células contráteis, as células nodais e as fibras condutoras distribuem o impulso de tal modo que (1) os átrios contraem-se simultaneamente e antes dos ventrículos e (2) os ventrículos contraem-se simultaneamente, em uma onda que se inicia no ápice do coração e se propaga em direção à base. Quando os ventrículos se contraem dessa maneira, o sangue é propelido em direção à base do coração e para o interior do tronco pulmonar e da aorta.

Nota clínica

Arritmias cardíacas, marca-passos artificiais e infarto do miocárdio

Arritmias cardíacas

Existem vários tipos diferentes de **arritmias cardíacas**, ou ritmos cardíacos anômalos, e suas conseqüências podem variar, desde as insignificantes até as letais. Muitas pessoas têm arritmias cardíacas leves. Por exemplo, crianças e adultos jovens exibem comumente uma aceleração da freqüência cardíaca durante a inspiração, e uma desaceleração durante a expiração.

Adultos saudáveis podem ocasionalmente apresentar *contrações atriais prematuras (CAPs)* que variam em duração e freqüência. Em uma CAP, o ritmo atrial normal é momentaneamente interrompido por uma contração atrial "extra". Estresse, cafeína e várias drogas podem aumentar a incidência de CAPs, supostamente por aumentar a permeabilidade dos marca-passos SA. O impulso difunde-se normalmente ao longo das vias de condução, e uma contração ventricular típica segue-se ao batimento atrial.

As arritmias ocasionais e de breve duração raramente têm significado clínico. No entanto, se a arritmia persiste ou ocorre com freqüência, merece atenção médica. No diagnóstico clínico, as arritmias são classificadas como:

1. Alterações na freqüência cardíaca, com função nodal e das vias de condução normais. Estas condições, que em geral indicam função anômala do nó SA e dos átrios, são com freqüência relativamente pouco prejudiciais e podem permanecer imperceptíveis.
2. Anomalias na origem ou na distribuição do potencial de ação cardíaco no interior dos ventrículos. Estas condições significam riscos e são potencialmente letais.

Alterações na freqüência cardíaca

Taquicardia: Geralmente é definida como uma freqüência cardíaca maior do que 100 bpm. Em algumas situações, como durante exercício ou excitação, a taquicardia é normal. Porém, a taquicardia crônica, observada mesmo em repouso, indica uma atividade anormal do marca-passo cardíaco. Este tipo de arritmia causa sobrecarga de trabalho ao coração. Trabalhando em freqüências muito elevadas, o desempenho cardíaco é prejudicado porque os ventrículos não têm tempo para se encherem novamente, e nas quantidades suficientes de sangue, antes da ocorrência da próxima contração. Episódios crônicos ou agudos de taquicardia podem ser controlados por drogas que afetam a permeabilidade das membranas das células marca-passo ou que bloqueiam os efeitos da estimulação simpática.

Na **taquicardia atrial paroxística**, ou **TAP**, uma contração atrial prematura desencadeia uma perturbação excitatória da atividade atrial. Os ventrículos ainda são capazes de manter o ritmo, e a freqüência cardíaca salta para aproximadamente 180 bpm. No ***flutter* atrial**, os átrios se contraem de modo coordenado, porém as contrações ocorrem muito freqüentemente. Durante um episódio de **fibrilação atrial**, os impulsos propagam-se na superfície atrial com freqüências de até 500 bpm. A parede atrial vibra em vez de produzir uma contração organizada. A freqüência ventricular no *flutter* atrial ou na fibrilação atrial não consegue acompanhar a freqüência atrial, e pode permanecer dentro dos limites normais. Apesar desta situação de não-funcionalidade dos átrios, a condição pode passar despercebida, especialmente em indivíduos mais idosos e de vida sedentária. Na fibrilação atrial crônica, coágulos sangüíneos podem se formar nas proximidades das paredes atriais. Fragmentos de coágulo podem se desprender, criando êmbolos e aumentando os riscos de acidentes vasculares. Como resultado, a maioria das pessoas portadoras desta condição são mantidas com terapia anticoagulante. CAPs, TAP, *flutter* atrial e mesmo a fibrilação atrial não são alterações consideradas como condições de alto risco, a menos que sejam prolongadas ou estejam associadas com indícios de lesões cardíacas mais graves, como na doença arterial coronariana ou em valvopatias.

Origem ou condução anômala de impulsos

Estas condições causam atividade ventricular anormal, afetando diretamente o débito cardíaco. Muitas destas arritmias ventriculares são potencialmente letais. Como o complexo estimulante funciona somente em uma única direção, dos átrios para os ventrículos, as arritmias ventriculares não estão ligadas às atividades atriais. **Contrações ventriculares prematuras (CVPs)** ocorrem quando um ramo subendocárdico (célula de Purkinje) ou miocardiócito ventricular se despolariza e desencadeia uma contração prematura. A célula responsável pelo desencadeamento da contração é denominada *marca-passo ectópico.* A freqüência de CVP pode estar aumentada pela exposição à adrenalina, a outras drogas estimulantes ou a alterações iônicas que despolarizam as membranas dos miocardiócitos. A contração ventricular anormal é forte, e após cada batimento anormal ocorre uma pausa que antecede o próximo batimento. CVPs isoladas são comuns e não impõem risco, mas podem ser inquietantes quando se sucedem com freqüência suficiente para que o indivíduo passe a tomar consciência de sua ocorrência.

A atividade do marca-passo ectópico, aumentada potencialmente por fatores ambientais, é provavelmente responsável por períodos de **taquicardia ventricular** (definida como quatro ou mais CVPs sem interposição de batimentos normais). Esta condição é também conhecida como **TV**. Múltiplas CVPs e TVs muitas vezes precedem a mais grave das arritmias, a **fibrilação ventricular (FV).** Durante a fibrilação ventricular, os miocardiócitos estão altamente sensíveis à estimulação e os impulsos são transmitidos de célula para célula repetidamente nas paredes ventriculares. O ritmo normal não pode ser restabelecido porque as células musculares ventriculares estão se estimulando mutuamente em freqüências muito elevadas. Se a fibrilação ventricular não for tratada a tempo, a morte pode ocorrer em minutos; esta condição é comumente denominada *parada cardíaca*.

Marca-passos artificiais

A **bradicardia** é geralmente definida como um ritmo cardíaco inferior a 50 bpm. Do mesmo modo que na taquicardia, a bradicardia sob certas condições (sono profundo, por exemplo) é normal. Entretanto, a bradicardia crônica indica uma incapacidade do coração para responder aos comandos de aumento do débito cardíaco; ou seja, quando a demanda corporal por oxigênio aumenta, o coração não responde com o aumento na atividade de bombeamento. Os sintomas de bradicardia grave incluem fraqueza, fadiga, desmaios e confusão mental. Terapias medicamentosas raramente ajudam, porém marca-passos artificiais podem ser utilizados com considerável sucesso. Fios metálicos são perpassados nos átrios, ventrículos ou em ambos, dependendo da natureza do problema, e um dispositivo libera pequenos impulsos elétricos para estimular o miocárdio. Marca-passos internos com baterias de alimentação elétrica são implantados cirurgicamente (Figura 21.12). Estas unidades permanecem viáveis por sete a oito anos ou mais, quando é necessária uma nova cirurgia para substituição da bateria.

Nos últimos 10 a 15 anos, ocorreram avanços tecnológicos significativos nos marca-passos artificiais. Os marca-passos modernos melhoram a qualidade de vida dos pacientes, exercendo diferentes funções sob condições específicas, graças à introdução de microprocessadores. Novos marca-passos "inteligentes" e mais sofisticados estimulam os átrios e ventrículos seqüencialmente e podem variar a freqüência de estimulação para atender às variações da demanda circulatória, como ocorre durante exercícios físicos. Outros equipamentos são capazes de monitorar a atividade cardíaca para responder sempre que a função normal do coração se altera.

Um tipo de marca-passo inteligente foi implantado no Vice-Presidente Cheney durante o seu mandato nos Estados Unidos. Este marca-passo é um cardioversor/desfibrilador automático implantável, conhecido como AICD. Um AICD é um dispositivo que monitora continuamente o ritmo cardíaco do paciente. Quando o dispositivo detecta um ritmo cardíaco anormalmente rápido, automaticamente cadencia o coração eletricamente, procurando reduzir a freqüência cardíaca do paciente. Se o ritmo cardíaco anormal persiste, o equipamento deflagra uma pequena des-

Nota clínica (*continuação*)

carga elétrica no coração, na tentativa de restabelecer o ritmo cardíaco normal. O paciente raramente sente o funcionamento do AICD procurando restabelecer o ritmo cardíaco normal. Contudo, se a descarga elétrica é deflagrada, o indivíduo sente um forte golpe no peito. O dispositivo é normalmente utilizado em tratamentos imediatos para arritmias cardíacas que impõem risco de vida iminente (i.e., taquicardia ventricular e fibrilação ventricular) e que exigem conduta urgente, anterior inclusive à chegada de assistência em ambulância.

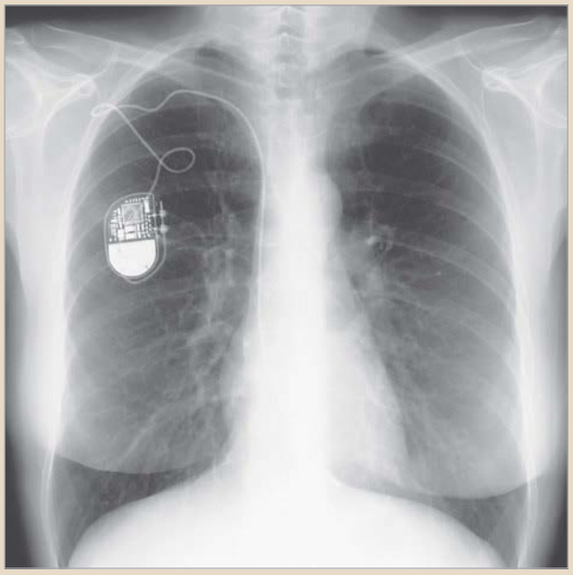


Figura 21.12 **Um marca-passo artificial.**

Os desfibriladores externos apresentam dois eletrodos que são colocados em contato com o peito, e uma potente descarga elétrica é disparada. O estímulo elétrico despolariza o miocárdio simultaneamente em sua totalidade. Após a repolarização, o nó SA deve ser a primeira área do coração a atingir o limiar. Desse modo, o objetivo principal da desfibrilação não é apenas cessar a fibrilação, mas oferecer aos ventrículos a chance de responderem aos comandos sinoatriais normais.

A desfibrilação precoce pode resultar na recuperação dramática de vítimas de parada cardíaca, já em estado inconsciente. Os desfibriladores externos automáticos (DEA) são máquinas portáteis facilmente utilizáveis que podem detectar ritmos ventriculares letais em indivíduos que sofreram colapso cardíaco, administrando uma descarga elétrica desfibriladora. Estes dispositivos estão sendo instalados em aviões, aeroportos e outras áreas públicas.

Infarto do miocárdio

Em um **infarto do miocárdio (IM)**, ou *ataque cardíaco*, a circulação coronariana torna-se bloqueada e os miocardiócitos morrem por falta de oxigênio. O tecido afetado se degenera, criando uma área não-funcional conhecida como *infarto*. Os infartos do miocárdio freqüentemente resultam de doenças coronarianas graves. As conseqüências dependem do local e da natureza do bloqueio vascular. Se ocorrer nas proximidades da origem de uma das artérias coronárias, a lesão será extensa e o coração provavelmente parará de funcionar. Se o bloqueio envolve um dos ramos arteriais menores, o indivíduo pode sobreviver à crise imediata, mas existem muitas complicações potenciais. Com a formação de tecido cicatricial na região danificada, a regularidade dos batimentos cardíacos pode ficar prejudicada e a eficiência da ação de bombeamento pode diminuir; pode haver constrição de outros vasos, criando problemas circulatórios adicionais, como a angina.

Os infartos do miocárdio estão muitas vezes associados com bloqueios fixos, como os descritos na DAC. Quando a crise se desenvolve por causa da formação de um *trombo* (coágulo estacionário) na área da placa, esta

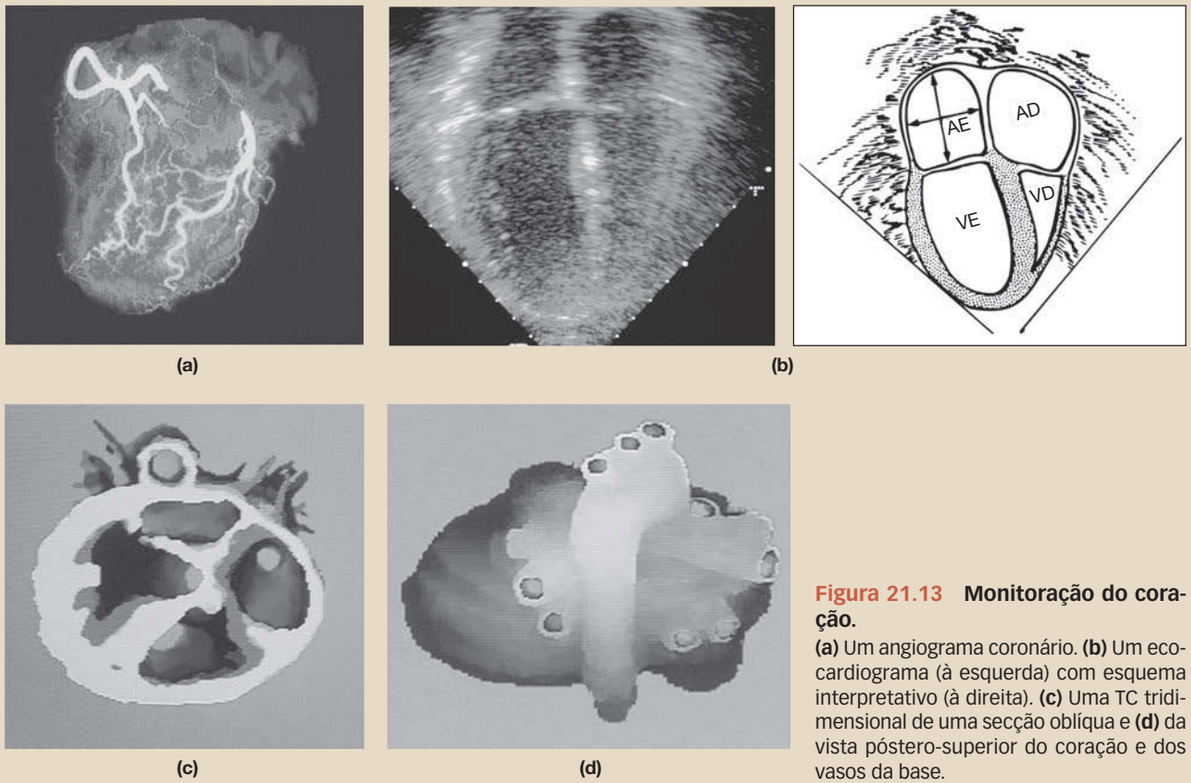


Figura 21.13 **Monitoração do coração.**
(a) Um angiograma coronário. **(b)** Um ecocardiograma (à esquerda) com esquema interpretativo (à direita). **(c)** Uma TC tridimensional de uma secção oblíqua e **(d)** da vista póstero-superior do coração e dos vasos da base.

Nota clínica (*continuação*)

condição é chamada de **trombose coronariana**. Um vaso já estreitado pela presença de uma placa pode também ser bloqueado por um súbito espasmo na musculatura lisa da parede vascular. O indivíduo sente dor intensa, semelhante à da angina, mas que persiste mesmo durante o repouso.

Aproximadamente 25% dos pacientes com IM morrem antes de obter socorro médico e 65% das mortes por IM entre pacientes abaixo de 50 anos ocorrem dentro da primeira hora após o início do quadro. Os objetivos do tratamento são limitar a área do infarto e prevenir complicações adicionais evitando contrações irregulares, melhorando a circulação com vasodilatadores, fornecendo oxigênio adicional, reduzindo a carga de trabalho do coração e, se possível, eliminando a causa do bloqueio vascular. Os anticoagulantes podem auxiliar impedindo a formação de trombos adicionais. É útil a mastigação de aspirina na fase inicial do transcurso de um IM, e a utilização de enzimas solventes de coágulo pode reduzir a extensão da lesão desde que o medicamento seja administrado dentro das primeiras seis horas do início do quadro.

Nos Estados Unidos, ocorrem 1,3 milhões de IM anualmente e metade das vítimas morre no transcorrer do primeiro ano após o episódio. Vários fatores que aumentam o risco de IM são conhecidos, incluindo tabagismo, hipertensão arterial, níveis sangüíneos elevados de colesterol, diabetes e obesidade. Existem também fatores hereditários que podem predispor um indivíduo à doença arterial coronariana. A presença de dois desses fatores de risco citados mais do que dobra o risco de ocorrência de um IM. Assim, a eliminação do maior número possível de fatores de risco aumentará as chances de prevenção ou sobrevida após um IM. Por exemplo, mudanças nos hábitos alimentares para limitar a ingestão de colesterol, exercícios para redução do peso e o tratamento da hipertensão são medidas relativamente fáceis e de benefícios consideráveis.

Muitas técnicas podem ser utilizadas para se estudar a estrutura e o desempenho do coração (Figura 21.13). Nenhum procedimento diagnóstico isolado oferece um quadro completo da doença, de modo que a seleção do teste varia de acordo com as hipóteses em relação à natureza do problema.

Resumo de embriologia

Para um resumo do desenvolvimento do sistema circulatório, consulte o Capítulo 28 (Embriologia e Desenvolvimento Humano).

REVISÃO DOS CONCEITOS

1. O que aconteceria com a freqüência cardíaca se as células do nó SA não estivessem funcionando?
2. O que acontece com a freqüência cardíaca com a liberação de noradrenalina no coração?
3. Como as células nodais coordenam as contrações musculares cardíacas?

Veja a seção de Respostas na parte final do livro.

O eletrocardiograma (ECG)

[Figura 21.14]

Os fenômenos elétricos associados com a despolarização e repolarização do coração são suficientemente potentes para ser detectados por eletrodos colocados na superfície do corpo. A gravação destas atividades elétricas constitui um **eletrocardiograma**, também denominado **ECG**. Durante cada ciclo cardíaco, uma onda de despolarização irradia-se através dos átrios, atinge o nó AV, dissemina-se inferiormente pelo septo interventricular, até o ápice do coração, espalha-se pelo miocárdio ventricular e retorna em direção à base do coração (Figura 21.14). Essa atividade elétrica pode ser monitorada na superfície do corpo. Comparando as informações obtidas de eletrodos colocados em diferentes posições, pode-se monitorar o desempenho específico dos componentes nodais, contráteis e de condução. Por exemplo, se uma porção do coração for danificada, como em um infarto do miocárdio (IM), estas células musculares cardíacas tornam-se incapazes de conduzir potenciais de ação e o ECG revelará um padrão anormal de condução elétrica.

O aspecto do traçado do ECG varia, dependendo da posição dos eletrodos de monitoramento. A Figura 21.14 mostra aspectos importantes de um ECG típico. A **onda P** acompanha a despolarização dos átrios. O **complexo QRS** aparece com a despolarização dos ventrículos. Este sinal elétrico é relativamente forte porque a massa do músculo ventricular é muito maior do que a massa do músculo atrial. A **onda T**, menor, indica a repolarização ventricular. A deflexão correspondente à repolarização atrial é imperceptível porque ocorre enquanto os ventrículos estão se despolarizando, e estes fenômenos elétricos são mascarados pelo complexo QRS.

A análise de um ECG geralmente concentra-se no tamanho e na duração da onda P, do complexo QRS e do segmento ST (entre o complexo QRS e a onda T). Por exemplo, um sinal elétrico menor do que o normal pode significar uma diminuição da massa do micárdio; ao contrário, sinais excessivamente intensos podem indicar um aumento da massa muscular cardíaca. Alterações de forma e tamanho da onda T podem indicar uma condição que retarda a repolarização ventricular.

Apesar da variedade de equipamentos sofisticados disponíveis para avaliar ou visualizar a função cardíaca, na grande maioria dos casos, o ECG oferece a primeira e mais importante informação diagnóstica. A análise do ECG é especialmente útil na detecção e no diagnóstico das *arritmias cardíacas*, padrões anômalos de atividade cardíaca. Problemas clínicos surgem quando as arritmias reduzem a eficiência de bombeamento do coração. Arritmias graves podem indicar danos à musculatura miocárdica, lesões nos marca-passos ou nas vias de condução, ou outros fatores.

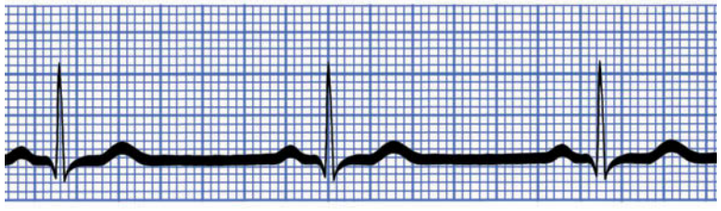
Controle autônomo da freqüência cardíaca [Figura 21.15]

A freqüência cardíaca basal é estabelecida pelas células marca-passo do nó SA, mas a freqüência intrínseca pode ser modificada pelo sistema nervoso autônomo (SNA). As divisões simpática e parassimpática do SNA inervam o coração por meio do plexo cardíaco (detalhes anatômicos foram apresentados no Capítulo 17). pág. 464 As duas divisões do SNA inervam os nós SA e AV, além das células musculares cardíacas atriais e ventriculares e a musculatura lisa das paredes dos vasos sangüíneos do coração (Figura 21.15).

Os efeitos da noradrenalina e da acetilcolina sobre os tecidos nodais foram detalhados anteriormente neste capítulo e podem ser resumidos da seguinte maneira:

- A liberação de noradrenalina produz um aumento da freqüência cardíaca e da intensidade da força da contração pela estimulação de beta-receptores em células nodais e células contráteis.
- A liberação de ACh produz uma diminuição da freqüência cardíaca e da intensidade da força da contração pela estimulação de receptores muscarínicos em células nodais e células contráteis.

Os centros cardíacos do bulbo contêm os centros autônomos para o controle cardíaco. A estimulação do **centro cardioacelerador** ativa os



Registro rítmico do ECG

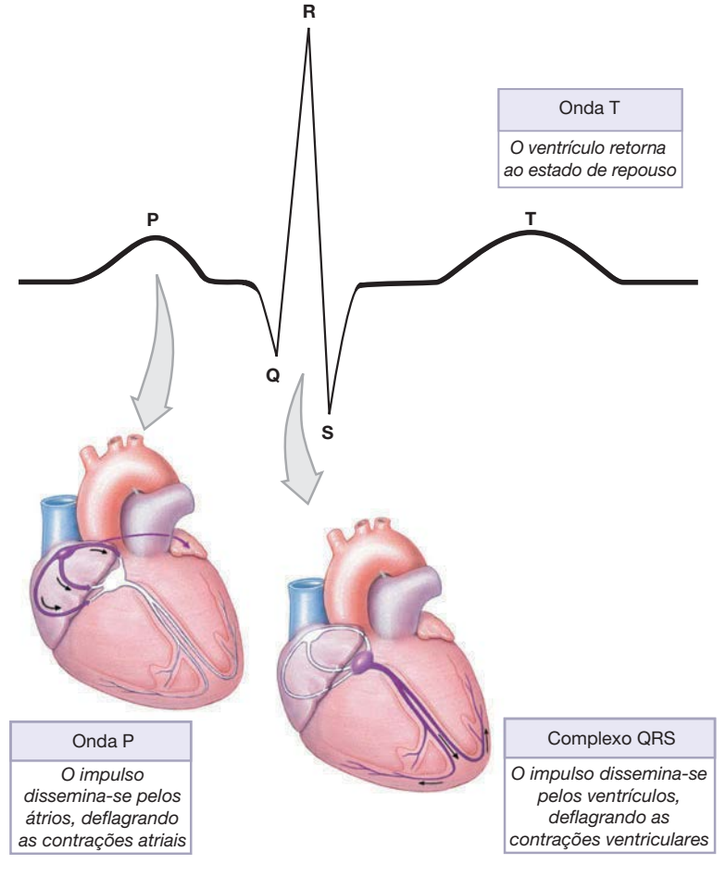


Figura 21.14 Um eletrocardiograma.
Um ECG impresso é uma tira de papel milimetrado que contém o gráfico de registro dos fenômenos elétricos monitorados por eletrodos fixos na superfície do corpo. A foto mostra a localização dos eletrodos para a realização de um ECG padrão. A parte ampliada indica os principais componentes do ECG.

neurônios simpáticos necessários; o **centro cardioinibidor**, próximo ao centro cardioacelerador, comanda as atividades dos neurônios parassimpáticos. Os centros cardíacos recebem informações de centros superiores,

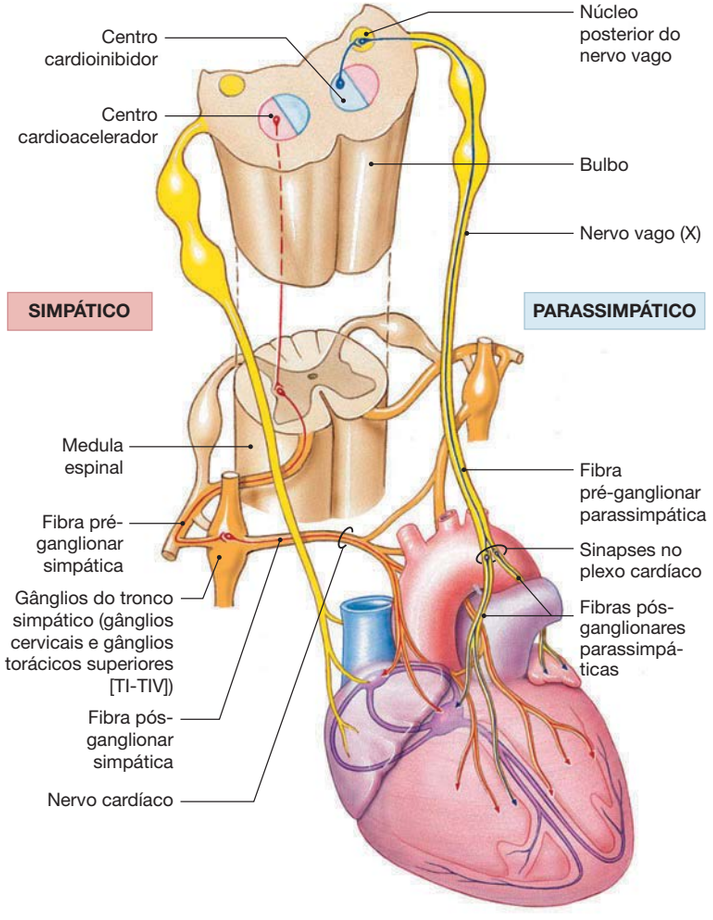


Figura 21.15 A inervação autônoma do coração.
Os centros cardíacos no bulbo modificam a freqüência e o débito cardíaco por meio do nervo vago (parassimpático) e dos nervos cardíacos cervicais (simpáticos).

especialmente das regiões simpáticas e parassimpáticas no hipotálamo. (Esses centros foram descritos no Capítulo 15.) pág. 406

Informações relativas ao estado do sistema circulatório chegam aos centros cardíacos advindas de fibras sensitivas que monitoram barorreceptores sensíveis a modificações na pressão arterial e quimiorreceptores sensíveis a mudanças nas concentrações de gases dissolvidos (oxigênio e dióxido de carbono). Esses receptores são terminações de fibras nervosas contidas nos nervos glossofaríngeo (IX) e vago (X). Em resposta a esta informação, os centros cardíacos ajustam o desempenho cardíaco para manter uma circulação adequada aos órgãos vitais, como o encéfalo. Esses centros respondem muito rapidamente a alterações na pressão arterial ou à quantidade de dióxido de carbono ou de oxigênio dissolvidos no sangue arterial. Por exemplo, uma queda da pressão arterial ou um aumento da concentração de dióxido de carbono geralmente indicam que o coração deve trabalhar mais para atender a demanda dos tecidos periféricos. Os centros cardíacos, então, respondem aumentando a freqüência cardíaca e a força de contração pela ativação do sistema nervoso simpático.

REVISÃO DOS CONCEITOS

1. O que ocorreria com o fluxo sangüíneo se a pressão no ventrículo permanecesse igual à do átrio?
2. Os ramos simpático e parassimpático do sistema nervoso autônomo exercem diferentes efeitos nos tecidos nodais do coração. Quais são esses efeitos?

Veja a seção de Respostas na parte final do livro.

TERMOS CLÍNICOS

Angina: Uma condição na qual o exercício ou estresse pode produzir dor intensa na região do tórax, resultante de insuficiência circulatória temporária e isquemia quando há aumento da carga de trabalho do coração.

Arritmias cardíacas: Padrões anômalos de contração cardíaca.

Bradicardia: Freqüência cardíaca menor do que a normal.

Cardite: Termo geral indicativo de inflamação do coração.

Doença arterial coronariana (DAC): Modificações degenerativas na circulação coronariana.

Doença reumática do coração (DRC): Doença na qual as valvas cardíacas tornam-se espessadas e enrijecidas em uma posição parcialmente fechada, afetando a eficiência da ação de bombeamento do coração.

Estenose valvar: Uma condição na qual o diâmetro das valvas cardíacas é menor do que o normal.

Infarto do miocárdio (IM): Condição na qual a circulação coronariana é bloqueada, causando a morte de células do músculo cardíaco.

Insuficiência cardíaca: Condição na qual o coração torna-se fraco e os tecidos periféricos sofrem privação de oxigênio e nutrientes.

Miocardiopatias: Um grupo de doenças caracterizadas por degeneração progressiva e irreversível do miocárdio.

Prolapso da valva atrioventricular esquerda (prolapso mitral): Condição na qual as válvulas da valva atrioventricular esquerda não se fecham adequadamente em função da conformação das cordas tendíneas, anormalmente longas (ou curtas) ou por causa do mau funcionamento dos músculos papilares.

Sopro cardíaco: Presença de som murmurante, similar a um turbilhonamento, causado por regurgitação de sangue através de valvas cardíacas disfuncionais.

Tamponamento cardíaco: Condição resultante de irritação e inflamação pericárdica, na qual há acúmulo de líquido de forma aguda no "*saco pericárdico*" restringindo o débito cardíaco.

Taquicardia: Freqüência cardíaca maior do que a normal.

Trombose coronariana: Bloqueio devido à formação de coágulo (trombo) em uma placa em uma artéria coronária.

RESUMO PARA ESTUDO

Introdução 548

1. Todos os tecidos e líquidos do corpo dependem do sistema circulatório para a manutenção da homeostase. O próprio funcionamento do sistema circulatório depende da atividade do **coração**, o qual pode variar sua capacidade de bombeamento dependendo das necessidades dos tecidos periféricos.

Uma visão geral do sistema circulatório 548

1. O sistema circulatório pode ser dividido em dois circuitos fechados que ocorrem em série. Cada circuito individual funciona seqüencialmente, sendo que os dois circuitos juntos funcionam em paralelo. A **circulação pulmonar** transporta sangue pobre em oxigênio do coração para os pulmões e de volta para o coração; a **circulação sistêmica** transporta sangue rico em oxigênio do coração para o restante do corpo e de volta para o coração. As **artérias** conduzem o sangue para fora do coração; as **veias** levam o sangue de volta para o coração. Os **capilares** são vasos microscópicos entre as menores artérias e veias. (*ver Figura 21.1*)
2. O coração contém quatro câmaras: o **átrio direito** e o **ventrículo direito**, o **átrio esquerdo** e **ventrículo esquerdo**. Os átrios coletam o sangue que retorna ao coração, e os ventrículos impulsionam o sangue para o interior dos vasos que saem do coração.

O pericárdio 548

1. O coração é circundado pela **cavidade do pericárdio**, que é revestida pelo **pericárdio seroso** e contém uma pequena quantidade de líquido lubrificante, denominado **líquido pericárdico**. A **lâmina visceral do pericárdio seroso (epicárdio)** recobre a superfície externa do coração, e a **lâmina parietal do pericárdio seroso** reveste a superfície interna do pericárdio fibroso, e ambos constituem o "**saco pericárdico**" que circunda o coração. O coração situa-se no **mediastino médio**. (*ver Figura 21.2*)

Estrutura da parede do coração 550

1. A parede do coração contém três camadas: o **epicárdio** (a lâmina visceral do pericárdio seroso), o **miocárdio** (a parede muscular do coração) e o **endocárdio** (o epitélio que recobre as superfícies internas do coração). (*ver Figura 21.3*)

Tecido muscular cardíaco 550

2. A massa do coração consiste no **miocárdio**. As células musculares cardíacas (**miocardiócitos**), menores do que as células musculares esqueléticas, são quase totalmente dependentes de respiração aeróbica. (*ver Figura 21.3*)
3. Os miocardiócitos estão interconectados aos **discos intercalados**, que transmitem a força de contração de célula para célula e conduzem os potenciais de ação. Os discos intercalados conectam os miocardiócitos por meio de desmossomos, miofibrilas e junções comunicantes. Devido a este sistema de conexão, os miocardiócitos funcionam como uma única e enorme célula. (*ver Figura 21.3d,e*)

O esqueleto fibroso do coração 550

4. O tecido conectivo interno do coração é chamado de **esqueleto fibroso**. (*ver Figuras 21.3b/21.7*)
5. O esqueleto fibroso do coração funciona para estabilizar as células musculares cardíacas e as valvas; sustentar células musculares, vasos sangüíneos e nervos; distribuir as forças de contração; aumentar a resistência e a elasticidade; e isolar fisicamente os átrios dos ventrículos.

Orientação e configuração externa do coração 552

1. A divisão do coração em quatro câmaras apresenta marcas de referência externa, visíveis como reentrâncias ou *sulcos* na superfície do coração. O *"sulco interatrial"* separa os dois átrios, enquanto o **sulco coronário** separa os átrios dos ventrículos.
2. A **aurícula** (apêndice atrial) é uma extensão expansível do átrio. O *sulco coronário* é a reentrância profunda localizada entre os átrios e os ventrículos. Outras depressões mais rasas incluem o **sulco interventricular anterior** e o **sulco interventricular posterior**.
3. Os grandes vasos estão conectados à **base do coração** (sua extremidade superior). A extremidade inferior arredondada do coração é o **ápice do coração**. (*ver Figuras 21.2b/21.4*)
4. O coração situa-se obliquamente ao eixo longitudinal do corpo e apresenta as seguintes **margens**: **superior**, **inferior**, **esquerda** e **direita**. (*ver Figura 21.4*)
5. O coração tem as seguintes faces: A **face esternocostal** é formada pelas superfícies anteriores do átrio e do ventrículo direitos; a **face diafragmática** é formada primariamente pela parede posterior e inferior do ventrículo esquerdo. (*ver Figura 21.5*)

Anatomia interna e organização do coração 554

1. Os átrios estão separados pelo **septo interatrial**, e os ventrículos, pelo **septo interventricular**. As aberturas entre os átrios e os ventrículos contêm pregas de tecido conectivo recobertas pelo endocárdio. Estas *valvas atrioventriculares* mantêm a unidirecionalidade do fluxo do sangue. (*ver Figura 21.6*)

O átrio direito 554

2. O átrio direito recebe o sangue da circulação sistêmica através de duas grandes veias, a **veia cava superior** e a **veia cava inferior**. As paredes atriais contêm cristas musculares, os **músculos pectíneos**. As **veias cardíacas** retornam o sangue ao *seio coronário*, que se abre no interior do átrio direito. Durante o desenvolvimento embrionário, uma abertura denominada **forame oval** atravessa o septo interatrial. Essa abertura se fecha após o nascimento, permanecendo em seu local uma depressão denominada **fossa oval**. (*ver Figura 21.6)*

O ventrículo direito 554

3. O sangue flui do átrio direito para o ventrículo direito através da **valva atrioventricular direita (AV)**, ou *valva tricúspide.* (Essa valva consiste em três **válvulas** de tecido fibroso, onde fixam-se as **cordas tendíneas** que estão ligadas aos músculos papilares.) (*ver Figura 21.6a,c*)
4. O sangue que deixa o ventrículo direito entra no **tronco pulmonar** após passar através da **valva do tronco pulmonar**. O tronco pulmonar se divide para formar as **artérias pulmonares direita** e **esquerda**. (*ver Figura 21.6)*

O átrio esquerdo 556

5. O átrio esquerdo recebe sangue oxigenado das **veias pulmonares direitas** e **esquerdas**; apresenta paredes mais espessas em relação às do átrio direito. (*ver Figura 21.6a,c*)
6. O sangue que deixa o átrio esquerdo flui para o ventrículo esquerdo passando pela **valva atrioventricular esquerda (AV)** (*valva mitral ou bicúspide*).

O ventrículo esquerdo 556

7. O ventrículo esquerdo é a maior e mais espessa das quatro câmaras, pois impulsiona o sangue para todo o corpo. O sangue que deixa o ventrículo esquerdo passa através da **valva da aorta** e segue na circulação sistêmica através da **parte ascendente da aorta**. Da parte ascendente da aorta, o sangue flui pelo **arco da aorta** e segue para a **parte descendente da aorta**. (*ver Figura 21.6a,c*)

Diferenças estruturais entre os ventrículos direito e esquerdo 556

8. O ventrículo direito apresenta paredes delgadas e desenvolve baixa pressão para impulsionar o sangue na circulação pulmonar e nos pulmões adjacentes. Funcionalmente, a baixa pressão é necessária porque os capilares pulmonares das superfícies de troca gasosa dos pulmões são muito delicados. O ventrículo esquerdo apresenta parede espessa porque ele bombeia o sangue para toda a circulação sistêmica. As diferenças anatômicas entre os ventrículos direito e esquerdo são mostradas na *Figura 21.6.*

Estrutura e função das valvas cardíacas 556

9. As *valvas AV* direita e esquerda apresentam quatro componentes: (1) um anel de tecido conectivo ligado ao esqueleto fibroso do coração, (2) válvulas, (3) cordas tendíneas e (4) músculos papilares.
10. A **valva da aorta** e a **valva do tronco pulmonar**, constituídas por válvulas semilunares, controlam a passagem do fluxo do ventrículo esquerdo e do ventrículo direito. (*ver Figuras 21.6 e 21.7*)
11. As valvas normalmente permitem o fluxo de sangue em uma única direção, evitando a **regurgitação** (retrofluxo, refluxo, ou fluxo retrógrado) do sangue.

Vascularização cardíaca 558

12. A **circulação coronariana** supre o miocárdio para atender à alta demanda de oxigênio e nutrientes dos miocardiócitos. As **artérias coronárias** se originam na base da parte ascendente da aorta, e cada uma dá origem a dois importantes ramos. A artéria coronária direita dá origem ao **ramo marginal direito** e ao **ramo interventricular posterior**. A **artéria coronária esquerda** dá origem ao **ramo circunflexo** e ao **ramo interventricular anterior**. Interconexões entre artérias, denominadas **anastomoses**, garantem o suprimento sangüíneo constante.
13. As **veias interventriculares anterior** e **posterior** conduzem o sangue dos capilares ao **seio coronário**. (*ver Figura 21.8*)
14. Outras veias cardíacas que se esvaziam na veia interventricular anterior ou no seio coronário são a **veia posterior do ventrículo esquerdo**, que drena as áreas servidas pelo ramo circunflexo da artéria coronária esquerda; a **veia interventricular posterior**, que drena as áreas supridas pelo ramo interventricular posterior da artéria coronária direita; e a **veia cardíaca parva**, que drena o sangue das superfícies posteriores do átrio e ventrículo direitos.
15. As **veias anteriores do ventrículo direito** drenam a superfície anterior do ventrículo direito e desembocam diretamente no átrio direito.

O ciclo cardíaco 561

1. O **ciclo cardíaco** consiste em períodos de sístole atrial e ventricular (contração/esvaziamento) e diástole atrial e ventricular (relaxamento/preenchimento). (*ver Figura 21.10*)

A coordenação das contrações cardíacas 561

2. O tecido muscular cardíaco contrai-se por si mesmo, independentemente de estímulos neurais ou hormonais. Esta capacidade é denominada *automaticidade ou auto-ritmicidade.*
3. As **células nodais** estabelecem a freqüência das contrações cardíacas, e as **fibras condutoras** distribuem os estímulos contráteis para o miocárdio em geral. (*ver Figura 21.11*)

Os nós sinoatrial e atrioventricular 562

4. As células nodais despolarizam-se espontaneamente e determinam a freqüência cardíaca.
5. **Células marca-passo** encontradas no **nó sinoatrial (SA)** (**marca-passo cardíaco**) normalmente estabelecem a freqüência de contração. (*ver Figura 21.11*)
6. Originado no nó SA, o estímulo dissemina-se pelos f**eixes internodais** até o **nó atrioventrcular (AV)** e, então, para o **fascículo AV**, que se divide em **ramos direito** e **esquerdo**. A partir daí, os ramos sudendocárdicos (**células de Purkinje**) transmitem os impulsos ao miocárdio ventricular. (*ver Figura 21.11*)

O eletrocardiograma (ECG) 566

1. Um eletrocardiograma (ECG) é o registro das atividades elétricas do coração. Pontos de referência importantes no ECG incluem a onda P (despolarização atrial), o complexo QRS (despolarização ventricular) e a onda T (repolarização ventricular). A análise do ECG permite a detecção de arritmias cardíacas, que são padrões anormais de atividade cardíaca. (*ver Figura 21.14*)

Controle autônomo da freqüência cardíaca 566

2. A freqüência cardíaca básica é estabelecida pelas células marca-passo, porém pode ser modificada pelo SNA. A noradrenalina produz um aumento da freqüência cardíaca e da força de contração, enquanto a acetilcolina produz uma diminuição da freqüência cardíaca e da força de contração.
3. O **centro cardioacelerador**, localizado no bulbo, ativa neurônios simpáticos; o **centro cardioinibidor** comanda as atividades dos neurônios parassimpáticos. Os centros cardíacos recebem informações de centros superiores e de receptores que monitoram a pressão arterial e as concentrações de gases dissolvidos no sangue. *(ver Figura 21.15)*

REVISÃO DO CAPÍTULO

Para respostas às questões da Revisão dos Conceitos e Revisão do Capítulo, veja a seção de Respostas na parte final do livro.

Nível 1 – Revisão de fatos e termos

Associe cada item numerado com a letra do item que melhor se relaciona. Utilize letras para as respostas nos espaços apropriados.

Coluna A	Coluna B
__ 1. miocardiócitos	a. veia para o átrio esquerdo
__ 2. bradicardia	b. recobre a superfície externa do coração
__ 3. diástole	c. supre sangue ao músculo cardíaco
__ 4. circulação coronariana	d. reveste a superfície interna do "saco pericárdico"
__ 5. lâmina visceral do pericárdio seroso	e. freqüência cardíaca diminuída
__ 6. sístole	f. células musculares cardíacas
__ 7. miocárdio	g. parede muscular do coração
__ 8. veias pulmonares direitas	h. fase de relaxamento do ciclo cardíaco
__ 9. veia cava superior	i. veia para o átrio direito
__10. lâmina parietal do pericárdio seroso	j. fase de contração do ciclo cardíaco

11. O coração é envolto pela:
    (a) cavidade pleural (b) cavidade peritoneal
    (c) cavidade abdominopélvica (d) cavidade do pericárdio

12. A valva atrioventricular que está situada do lado do coração que recebe sangue da veia cava superior é a:
    (a) valva mitral (b) valva bicúspide
    (c) valva tricúspide (d) valva da aorta

13. As funções do pericárdio fibroso incluem:
    (a) retorno do sangue para os átrios
    (b) bombeamento de sangue na circulação
    (c) ancoramento do coração nas estruturas circundantes
    (d) suprimento de fluxo sangüíneo ao miocárdio

14. Todas as seguintes são verdadeiras a respeito dos discos intercalados, exceto:
    (a) fornecem força adicional a partir de células ligadas entre si por junções firmes
    (b) apresentam junções lisas entre os sarcolemas de células vizinhas
    (c) apresentam miofibrilas das fibras musculares entrelaçadas ancoradas na membrana
    (d) nos discos intercalados, as fibras musculares cardíacas são conectadas por junções comunicantes

15. O coração é inervado por:
    (a) nervos parassimpáticos apenas
    (b) nervos simpáticos apenas
    (c) tanto nervos simpáticos quanto parassimpáticos
    (d) nervos esplâncnicos apenas

16. As células marca-passo do coração estão localizadas:
    (a) no nó SA
    (b) na parede do ventrículo esquerdo
    (c) nos ramos subendocárdicos (fibras de Purkinje)
    (d) tanto no ventrículo direito quanto no esquerdo

17. As fibras musculares dos átrios são fisicamente isoladas das fibras musculares dos ventrículos:
    (a) pelo epicárdio
    (b) pelo esqueleto fibroso do coração
    (c) mas não são isoladas eletricamente, pois todas se contraem exatamente ao mesmo tempo
    (d) pelos vasos coronários

18. Os dois principais ramos da artéria coronária direita são:
    (a) ramo circunflexo e ramo marginal esquerdo
    (b) ramo interventricular anterior e ramo descendente anterior esquerdo
    (c) ramo marginal direito e ramo interventricular posterior
    (d) veia cardíaca magna e veia cardíaca parva

19. A análise dos dados no ECG é útil na detecção e no diagnóstico de:
    (a) hipertensão (b) arritmias cardíacas
    (c) acidentes vasculares encefálicos (d) todas as anteriores

20. A valva atriventricular esquerda, ou valva mitral, ou bicúspide, está localizada:
    (a) na origem da aorta
    (b) entre o átrio esquerdo e o ventrículo esquerdo
    (c) entre o átrio direito e o ventrículo direito
    (d) na origem do tronco pulmonar

Nível 2 – Revisão de conceitos

1. Se o nó sinoatrial for danificado, o que ocorrerá com os batimentos cardíacos?
    (a) serão gerados pelos ramos dos feixes, em uma freqüência muito mais baixa
    (b) serão interrompidos e o coração irá parar de bater
    (c) o nó atrioventricular assumirá o ritmo em uma freqüência pouco menor que a normal
    (d) o batimento cardíaco aumentará em freqüência mas não em força

2. Se a contração dos músculos papilares falhar,
    (a) o sangue não entrará nos átrios
    (b) os ventrículos não bombearão o sangue
    (c) as valvas AV não se fecharão adequadamente
    (d) as valvas do tronco pulmonar e da aorta não se abrirão

3. Ocorrendo lesão da inervação simpática do coração, o que acontece com a freqüência cardíaca sob influência do sistema nervoso autônomo remanescente?
    (a) aumentaria
    (b) não se modificaria
    (c) diminuiria
    (d) inicialmente aumentaria e depois diminuiria

4. Como o músculo cardíaco se assemelha ao músculo esquelético?

5. Por que as valvas do tronco pulmonar e da aorta são desprovidas de reforços musculares como os encontrados nas valvas AV?

6. Defina uma célula marca-passo, liste o grupo de células que normalmente servem como marca-passos do coração e descreva as outras células que potencialmente serviriam como células marca-passo.

7. Qual é a função do líquido pericárdico?

8. Qual câmara cardíaca apresenta as paredes mais espessas? Explique a necessidade funcional desta característica anatômica para a câmara cardíaca em questão.

9. Quais são as características específicas das células nodais? Qual é a função delas?

10. Qual é o efeito da liberação de noradrenalina na função cardíaca?

Nível 3 – Pensamento crítico

1. Armando apresenta um sopro cardíaco no ventrículo esquerdo que produz um som murmurante no início da sístole. Qual é a sua hipótese a respeito da causa desse som?

2. Leonardo é trazido à sala de emergência de um hospital com arritmia cardíaca. Na sala de emergência, ele começa a apresentar taquicardia e perde a consciência. Sua esposa pergunta por que ele perdeu a consciência. Qual seria a sua explicação?

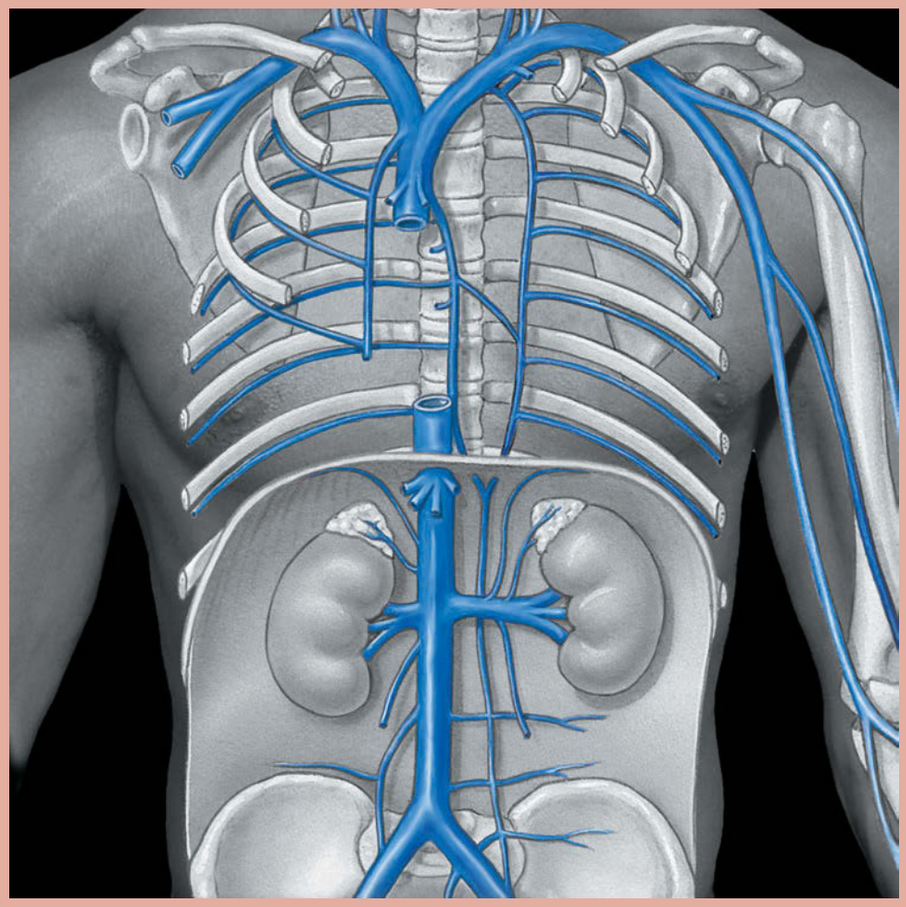
3. Se os centros cardíacos detectassem abundância de oxigênio no sangue, qual substância química provavelmente seria liberada?

4. Se uma criança recebe o diagnóstico de febre reumática, que complicações graves podem ser verificadas entre 10 e 20 anos depois?

22

O Sistema Circulatório

Vasos e Circulação



Introdução 572

Organização histológica dos vasos sangüíneos 572

Distribuição dos vasos sangüíneos 578

Alterações circulatórias ao nascimento 599

Envelhecimento e sistema circulatório 603

OBJETIVOS DO CAPÍTULO:

1. Descrever a organização anatômica geral dos vasos sangüíneos e suas relações com o coração.
2. Identificar e descrever os vários tipos de vasos sangüíneos com base nas suas características histológicas.
3. Descrever como a estrutura histológica influencia a função de cada tipo de vaso sangüíneo.
4. Descrever a estrutura, a função e as características de permeabilidade dos capilares, sinusóides e leitos capilares.
5. Descrever a estrutura, a função e a ação das válvulas venosas.
6. Explicar a distribuição do sangue nas artérias, nas veias e nos capilares e discutir a função dos reservatórios sangüíneos.
7. Identificar e descrever os vasos da circulação pulmonar.
8. Identificar os principais vasos da circulação sistêmica e as regiões e os órgãos supridos por eles.
9. Preparar um fluxograma dos ramos arteriais da cabeça, do pescoço, do tórax, do abdome, dos membros superiores e inferiores.
10. Descrever as principais alterações circulatórias que ocorrem ao nascimento e explicar seu significado funcional.
11. Comparar o padrão pré-natal do fluxo sangüíneo com aquele de uma criança.
12. Descrever as alterações relacionadas à idade que ocorrem no sistema circulatório.

O sistema circulatório é um sistema fechado que faz com que o sangue circule por todo o corpo. Existem dois grupos de vasos sangüíneos: um supre os pulmões (a *circulação pulmonar*), e o outro supre o restante do corpo (a *circulação sistêmica*). O sangue é bombeado a partir do coração, simultaneamente para o tronco pulmonar e a aorta. A circulação pulmonar, relativamente pequena, origina-se na valva do tronco pulmonar (saída do ventrículo direito) e termina na entrada para o átrio esquerdo. As artérias pulmonares que se ramificam a partir do tronco pulmonar conduzem sangue aos pulmões para as trocas gasosas. A circulação sistêmica começa na valva da aorta (saída do ventrículo esquerdo) e termina na entrada para o átrio direito. As artérias sistêmicas ramificam-se a partir da aorta e distribuem sangue a todos os outros órgãos para troca de nutrientes, gases e resíduos. Os diâmetros da luz do tronco pulmonar e da aorta medem aproximadamente 2,5 cm cada um. Estes vasos se ramificam para formar numerosos vasos menores que suprem regiões e órgãos individuais.

Após penetrar nos órgãos, as artérias continuam se ramificando, originando várias centenas de milhões de artérias minúsculas que suprem sangue a mais de 10 bilhões de capilares cujo diâmetro aproxima-se ao de um único eritrócito. Esses capilares formam extensas redes de ramificações; estima-se que a extensão de todos os capilares do corpo unidos linearmente varia de aproximadamente 8.000 a 40.000 km. Isso significa que os capilares em nosso corpo podem atravessar o território dos Estados Unidos e possivelmente dar a volta ao redor do globo. Todas as trocas químicas e gasosas entre o sangue e o líquido intersticial são realizadas através das paredes capilares. As células teciduais dependem da difusão capilar para obter oxigênio e nutrientes e para remover produtos residuais. O sangue que deixa a rede de capilares entra em uma rede de pequenas veias que gradualmente se unem para formar vasos maiores que, por fim, desembocam nas veias pulmonares (circulação pulmonar), veia cava superior ou veia cava inferior (circulação sistêmica).

A discussão inicial deste capítulo ficará centralizada na organização histológica e anatômica de artérias, veias e capilares. Prosseguiremos, então, para a identificação dos principais vasos sangüíneos e das vias do sistema circulatório.

Organização histológica dos vasos sangüíneos [Figura 22.1]

As paredes das artérias e veias contêm três camadas distintas: (1) uma interna, a *túnica íntima,* (2) uma intermédia, a *túnica média,* e (3) uma externa, a *túnica adventícia.* Acompanhe a Figura 22.1 ao estudar a estrutura histológica das artérias e veias.

- A **túnica íntima** é a camada mais interna de um vaso sangüíneo. Essa camada inclui o revestimento endotelial do vaso e uma camada subjacente de tecido conectivo que contém quantidades variáveis de fibras elásticas. Nas artérias, a camada externa da túnica íntima é espessa e contém fibras elásticas, denominada **membrana limitante elástica interna**. Nas artérias maiores, o tecido conectivo é mais amplo e a túnica íntima é mais espessa do que nas artérias menores.
- A **túnica média** é a camada intermédia, e contém lâminas concêntricas de tecido muscular liso em uma estrutura de tecido conectivo frouxo. As fibras musculares lisas da túnica média circundam a luz do vaso sangüíneo. Quando estimuladas por ativação simpática, essas fibras musculares lisas se contraem, diminuindo o diâmetro do vaso, um processo denominado **vasoconstrição.** O relaxamento do músculo liso aumenta o diâmetro da luz do vaso, um processo denominado **vasodilatação**. Estes músculos lisos podem contrair ou relaxar em resposta a estímulos locais ou sob o controle da parte simpática do SNA. Qualquer modificação do diâmetro dos vasos produz alterações da pressão e do fluxo sangüíneos nos tecidos. Fibras colágenas ligam a túnica média às túnicas íntima e adventícia. As artérias apresentam uma fina camada de fibras elásticas, a **membrana limitante elástica externa,** localizada entre a túnica média e a túnica adventícia.
- A **túnica adventícia** externa forma uma bainha de tecido conectivo em torno do vaso. Esta camada é muito espessa, composta de fibras colágenas, com faixas esparsas de fibras elásticas. As fibras da túnica adventícia mesclam-se àquelas dos tecidos adjacentes, estabilizando, e ancorando o vaso sangüíneo. Nas veias, essa camada geralmente é mais espessa do que a túnica média.

A estrutura em camadas das paredes confere considerável resistência às artérias e veias. A combinação de componentes elásticos e musculares permite alterações controladas no diâmetro dos vasos conforme ocorrem variações da pressão ou do volume sangüíneos. As paredes dos vasos são espessas demais para permitir difusão entre a corrente sangüínea e os tecidos circundantes, ou mesmo entre o sangue e os tecidos do próprio vaso.

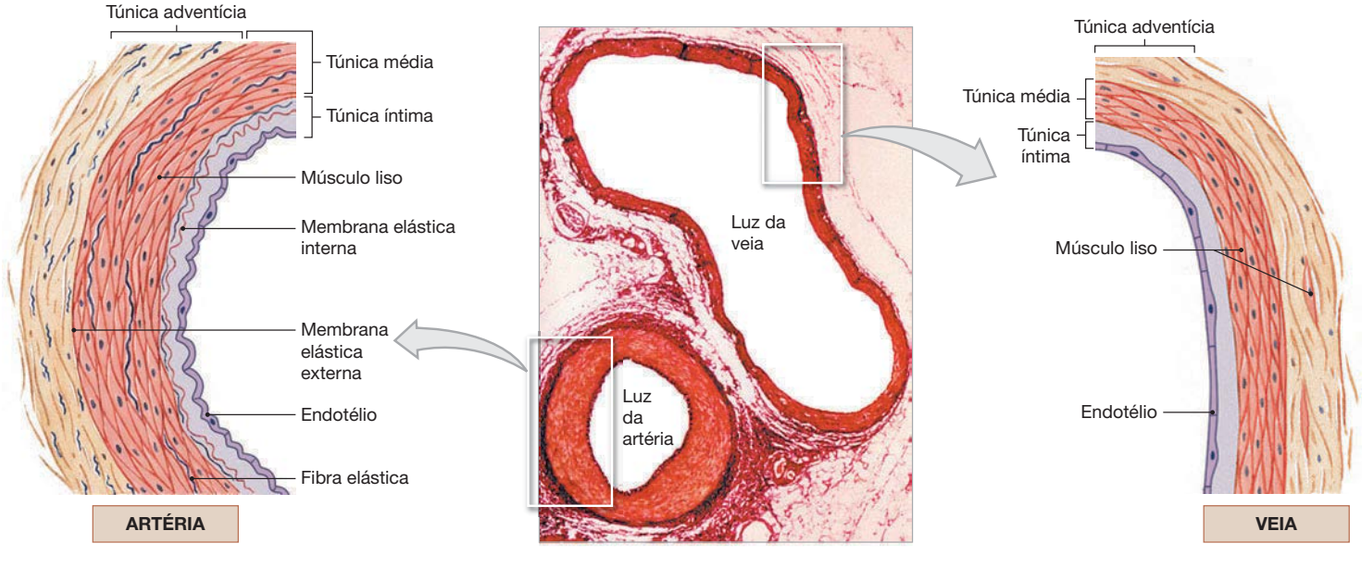


Figura 22.1 Comparação histológica entre artérias e veias típicas.
Micrografia de luz de uma artéria e uma veia. (ML x 60)

Assim, as paredes dos vasos maiores contêm pequenas artérias e veias que suprem as fibras musculares lisas, os fibroblastos e os fibrócitos da túnica média e da túnica adventícia. Estes vasos são denominados **vasa vasorum** (vasos dos vasos).

Diferenciação entre artérias e veias [Figura 22.1]

As artérias que suprem e as veias que drenam uma mesma região situam-se tipicamente lado a lado no interior de uma estreita faixa de tecido conectivo (Figura 22.1). Artérias e veias podem ser diferenciadas em cortes histológicos pelas seguintes características:

1. Em geral, comparando-se dois vasos adjacentes, a parede das artérias é mais espessa em relação à das veias. A túnica média de uma artéria contém mais fibras musculares lisas e fibras elásticas do que a túnica média de uma veia. Estes componentes elásticos e contráteis resistem à pressão gerada pelo coração ao propelir o sangue para a circulação.
2. Quando não opostas pela pressão sangüínea, as paredes das artérias se contraem. Assim, quando vistas à dissecação ou em cortes (Figura 22.1), as artérias parecem menores do que as veias correspondentes. Como as paredes das artérias são relativamente espessas e fortes, mantêm seu formato circular nas vistas em corte. Veias seccionadas tendem a colabar, e nas lâminas e cortes geralmente apresentam aspecto achatado ou distorcido.
3. O revestimento endotelial de uma artéria não se contrai; assim, quando uma artéria se constringe, o endotélio é dobrado em pregas, o que confere à secção de uma artéria um aspecto enrugado. O revestimento de uma veia não apresenta essas pregas.

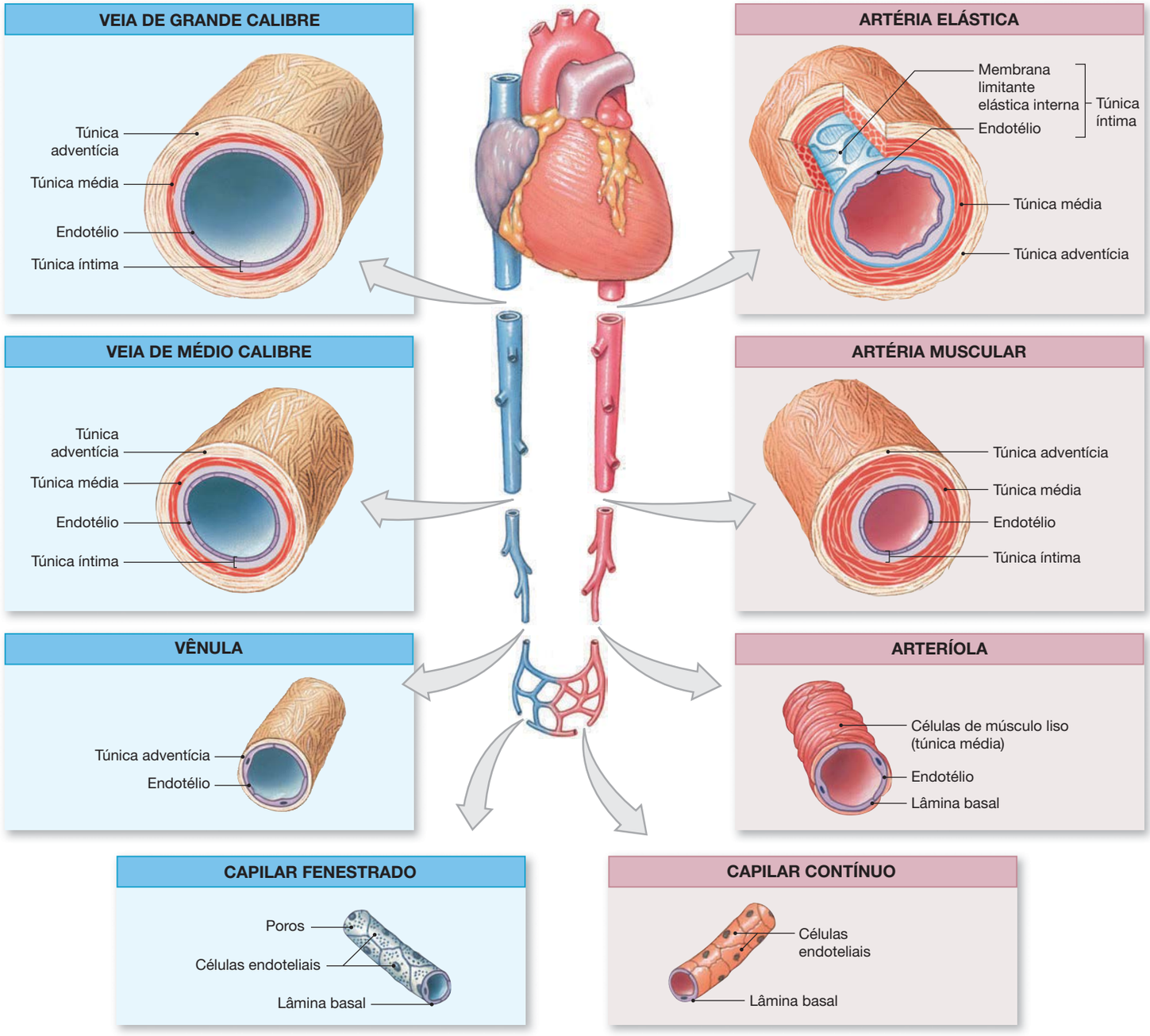


Figura 22.2 **Estrutura histológica de vasos sangüíneos.**

Artérias [Figura 22.2]

Ao fluir desde o coração até atingir os capilares periféricos, o sangue passa por uma série de artérias de diâmetros cada vez menores: *artérias elásticas*, *artérias musculares* e *arteríolas* (**Figura 22.2**).

Artérias elásticas [Figura 22.2]

Artérias elásticas, ou *artérias de condução*, são vasos grandes com diâmetros de até 2,5 cm. Transportam grandes volumes de sangue para fora do coração. O tronco pulmonar e a aorta e seus ramos principais (as *artérias pulmonares, carótidas comuns, subclávias e ilíacas comuns)*

Nota clínica

Arteriosclerose **Arteriosclerose** é um espessamento e enrijecimento das paredes arteriais. Aproximadamente metade das mortes nos Estados Unidos está relacionada a complicações da arteriosclerose. Existem muitas formas diferentes de arteriosclerose; um exemplo é a doença arterial coronariana (DAC), descrita no Capítulo 21. pág. 560 A arteriosclerose assume duas formas principais: a calcificação focal e a aterosclerose.

- A **calcificação focal** é uma degeneração gradativa da musculatura lisa da túnica média e a subseqüente deposição de sais de cálcio. Este processo tipicamente envolve as artérias dos membros e órgãos genitais. Algumas calcificações focais ocorrem como parte do processo de envelhecimento e podem desenvolver-se em associação com a arteriosclerose. Calcificações focais rápidas e graves podem ocorrer como complicação de diabetes melito, uma doença endócrina.
- A **aterosclerose** está associada com lesões do revestimento endotelial e com a formação de depósitos lipídicos na túnica média. Esta é a forma mais comum de arteriosclerose.

Muitos fatores podem estar envolvidos no desenvolvimento da aterosclerose. O principal deles é o nível de lipídeos no sangue circulante. A aterosclerose tende a se desenvolver em indivíduos que apresentam níveis elevados de lipídeos no plasma, especificamente de colesterol. O colesterol circulante é transportado aos tecidos periféricos em *lipoproteínas*, complexos lipoprotéicos.

Quando as lipoproteínas ricas em colesterol permanecem na circulação por longos períodos, os monócitos circulantes começam a removê-las da corrente sangüínea e, por fim, tornam-se repletos de gotas de lipídeos. Nesta condição, esses monócitos passam a ser denominados *células espumosas* e se fixam às paredes endoteliais dos vasos sangüíneos, onde liberam fatores de crescimento. Estas citocinas estimulam a divisão celular das fibras musculares lisas próximas da túnica íntima, causando o espessamento da parede do vaso.

Outros monócitos invadem a área, migrando por entre as células endoteliais. Conforme ocorrem estas alterações, os monócitos, as células musculares lisas e as células endoteliais também começam a fagocitar lipídeos. Este processo resulta na formação de uma *placa*, uma massa lipídica que se projeta na luz do vaso. Neste momento, a placa apresenta uma estrutura relativamente simples e as evidências sugerem que o processo pode ser revertido com um reajuste alimentar apropriado.

Se a condição persiste, as células endoteliais aumentam de volume em função da presença dos lipídeos, propiciando o surgimento de fendas no tecido endotelial; com isso, inicia-se um processo de adesão de plaquetas às fibras colágenas expostas. A combinação da adesão e da agregação plaquetária leva à formação de um coágulo sangüíneo localizado que pode restringir o fluxo de sangue na artéria ao se desenvolver. Nesta fase, a estrutura da placa é relativamente complexa. O crescimento da placa pode ser interrompido, mas as alterações estruturais geralmente permanecem.

Placas típicas são mostradas na **Figura 22.3**. Indivíduos idosos, principalmente do sexo masculino, são mais propensos ao desenvolvimento de placas ateroscleróticas. Evidências sugerem que os estrógenos podem lentificar a formação da placa, o que pode explicar a menor incidência de doenças como DAC, infarto do miocárdio e acidentes vasculares encefálicos em mulheres. Após a menopausa, quando a produção de estrógeno diminui, o risco de ocorrência dessas doenças no sexo feminino aumenta significativamente.

Outros fatores de risco além da idade avançada e do sexo incluem níveis elevados de colesterol, pressão arterial elevada e tabagismo. Aproximadamente 20% dos homens de meia-idade apresentam todos esses fatores de risco; estes indivíduos estão sujeitos a um risco quatro vezes maior de apresentar infarto do miocárdio ou parada cardíaca em comparação com homens da mesma idade que não apresentam esses mesmos fatores. Embora um número muito menor de mulheres desenvolva placas de aterosclerose, mulheres idosas, fumantes, com altos níveis de colesterol e hipertensas também estão sob maior risco em relação às outras mulheres. Fatores que podem promover o desenvolvimento de aterosclerose tanto em homens quanto em mulheres incluem obesidade, estresse e diabetes melito. Evidências sugerem que pelo menos algumas formas de aterosclerose podem estar ligadas a infecções crônicas por *Chlamydia pneumoniae*, uma bactéria responsável por vários tipos de infeções respiratórias, incluindo algumas formas de pneumonia.

Tratamentos possíveis para placas de aterosclerose incluem *cateterismo, angioplastia por balão* e *implante de stents*. pág. 561 No entanto, a melhor abordagem ainda é preventiva, procurando se evitar a aterosclerose pela eliminação ou redução dos fatores de risco. Sugere-se: (1) a redução da quantidade de colesterol e gorduras saturadas na dieta pela restrição da ingestão de carnes gordurosas (como carne bovina, de cordeiro ou de porco), gema de ovo e creme de leite; (2) a cessação do tabagismo; (3) o controle da pressão arterial e medidas para diminuí-la, se necessário; (4) o monitoramento regular dos níveis de colesterol e tratamento, se necessário; (5) o controle do peso; e (6) a prática regular de atividades físicas.

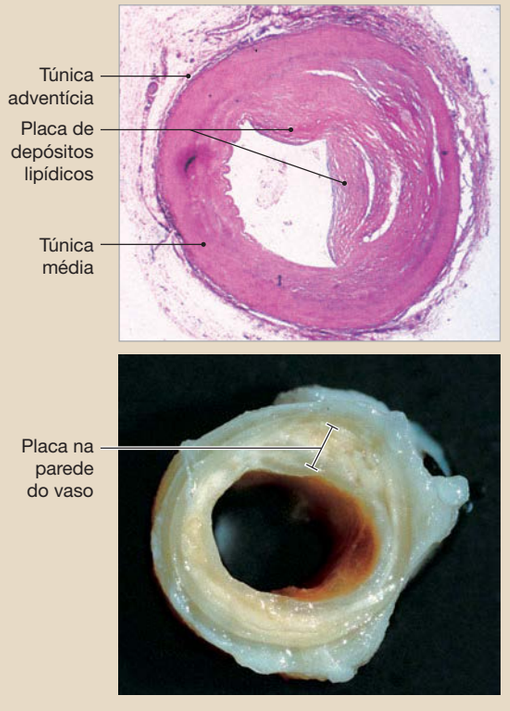


Figura 22.3 **Placa bloqueando uma artéria periférica.**
A massa lipídica invade a luz do vaso e restringe o fluxo sangüíneo. (ML x 28)

são exemplos de artérias elásticas. As paredes das artérias elásticas não são muito espessas em relação ao diâmetro do vaso, mas são extremamente complacentes. A túnica média destes vasos contém alta densidade de fibras elásticas e relativamente poucas fibras musculares lisas (Figura 22.2). Como resultado, as artérias elásticas são capazes de tolerar as modificações de pressão que ocorrem durante o ciclo cardíaco. Durante a sístole ventricular, a pressão sobe rapidamente e as artérias elásticas são estiradas, ao passo que durante a diástole ventricular a pressão do sangue no interior do sistema arterial cai e as fibras elásticas retornam à sua dimensão original. Este estiramento suaviza o aumento abrupto da pressão durante a sístole ventricular e a sua retração suaviza a queda da pressão durante a diástole ventricular, impulsionando o sangue em direção aos capilares.

Artérias musculares [Figuras 22.1/22.2]

As **artérias musculares**, ou *artérias de distribuição* (também conhecidas como *artérias de médio calibre*), conduzem sangue aos músculos esqueléticos e órgãos internos. Uma artéria muscular típica apresenta um diâmetro de aproximadamente 0,4 cm. As artérias musculares apresentam uma túnica média mais espessa, com uma porcentagem maior de fibras musculares lisas do que a encontrada nas artérias elásticas (Figuras 22.1 e 22.2). As *artérias carótidas externas* no pescoço, as *artérias braquiais* nos braços, as *artérias femorais* nas coxas e as *artérias mesentéricas* no abdome são exemplos de artérias musculares. A parte simpática do SNA controla o diâmetro de cada uma dessas artérias. Pela constrição (*vasoconstrição*) ou relaxamento (*vasodilatação*) da musculatura lisa da túnica média, o SNA regula o fluxo sangüíneo para cada órgão independentemente.

Arteríolas [Figura 22.2]

As **arteríolas** são consideravelmente menores do que as artérias musculares. As arteríolas apresentam um diâmetro aproximado de 30 μm e uma túnica adventícia pouco definida; sua túnica média consiste em fibras musculares lisas dispersas que não constituem uma camada completa (Figura 22.2). As menores artérias musculares e as arteríolas mudam seu diâmetro em resposta às condições locais, à estimulação simpática ou endócrina. Por exemplo, as arteríolas em muitos tecidos apresentam vasoconstrição sob estimulação simpática. pág. 454 As arteríolas controlam o fluxo sangüíneo entre artérias e capilares.

Artérias elásticas e musculares são interconectadas de modo discreto, e as características dos vasos modificam-se gradualmente à medida que se distanciam do coração. Por exemplo, as artérias musculares maiores contêm uma quantidade considerável de tecido elástico, enquanto as artérias musculares menores assemelham-se às arteríolas musculares.

Capilares [Figuras 22.2/22.4]

Os capilares são os menores e mais delicados vasos sangüíneos (Figura 22.2). São importantes funcionalmente porque são os únicos vasos sangüíneos cujas paredes permitem trocas entre o sangue e o líquido intersticial circundante. Como as paredes são relativamente delgadas, as distâncias de difusão são pequenas e as trocas podem ocorrer rapidamente. Além disso, o sangue flui lentamente através dos capilares, possibilitando tempo suficiente para a difusão ou o transporte ativo de materiais através das paredes dos capilares. Algumas substâncias atravessam as paredes dos capilares por difusão através do revestimento endotelial; outras passam através de fendas entre as células endoteliais. A estrutura delgada de cada capilar determina sua capacidade de regular as trocas bilaterais de substâncias entre o sangue e o líquido intersticial.

Um capilar típico consiste em um tubo endotelial encerrado em uma delicada lâmina basal. O diâmetro médio de um capilar é de apenas 8 μm, muito próximo ao diâmetro de um eritrócito.

Capilares contínuos são encontrados na maioria das regiões do corpo. Nestes capilares o endotélio é um revestimento completo e as células endoteliais são conectadas por junções firmes e desmossomos (Figura 22.4a,b). **Capilares fenestrados** (*fenestra*, janela) são capilares que contêm "janelas" ou poros em suas paredes devido a um revestimento endotelial perfurado ou descontínuo (Figura 22.4).

Uma única célula endotelial pode envolver a luz de um capilar contínuo (Figura 22.4c). As paredes de um capilar fenestrado são muito mais permeáveis; elas apresentam um aspecto de "queijo suíço" (Figura 22.4d) e os poros permitem a passagem de moléculas tão grandes quanto peptídeos ou pequenas proteínas. Este tipo de capilar permite trocas rápidas de líquidos e solutos. Exemplos de capilares fenestrados citados nos capítulos anteriores incluem o plexo corióideo dos ventrículos encefálicos e os capilares de uma série de órgãos endócrinos, incluindo o hipotálamo, a hipófise, a glândula pineal, as glândulas supra-renais e a glândula tireóide. pág. 394 Capilares fenestrados são também encontrados nos locais de filtração dos rins.

Os **capilares sinusóides** são semelhantes a capilares fenestrados, exceto pelo fato de os poros serem maiores e a lâmina basal ser mais fina. (Em alguns órgãos, como o fígado, não existe a lâmina basal.) Os capilares sinusóides são irregulares e achatados e seguem o contorno interno de órgãos complexos. Eles permitem uma troca intensa de líquidos e grandes solutos, incluindo proteínas em suspensão, entre o sangue e o líquido intersticial. O movimento do sangue pelos capilares sinusóides é relativamente lento, maximizando o tempo disponível para absorção e secreção. Os capilares sinusóides são encontrados no fígado, na medula óssea e nas glândulas supra-renais.

Quatro mecanismos básicos são responsáveis pelas trocas de materiais através das paredes dos capilares:

1. Difusão através das células capilares endoteliais (materiais lipossolúveis, gases e água por osmose).
2. Difusão através das fendas entre células endoteliais adjacentes (água e pequenos solutos; solutos maiores no caso de sinusóides).
3. Difusão através de poros nos capilares fenestrados e sinusóides (água e solutos).
4. Transporte vesicular pelas células endoteliais (endocitose no lado da luz, exocitose no lado basal), água e solutos específicos ligados ou livres. págs. 32-33, 42

Leitos capilares [Figura 22.5]

Os capilares não funcionam como unidades individuais. Cada capilar é parte de uma rede interconectada denominada **leito capilar** ou **rede capilar** (Figura 22.5). Uma única arteríola dá origem a dezenas de capilares que se esvaziam em várias vênulas. A entrada de cada capilar é protegida por uma "banda" de músculo liso, denominada **esfincter pré-capilar**. A contração das fibras musculares lisas constringe e estreita o diâmetro da entrada do capilar, reduzindo ou estagnando o fluxo sangüíneo. O relaxamento do esfincter dilata a abertura, permitindo a entrada de sangue no capilar em maior velocidade. Os esfincteres pré-capilares abrem-se quando os níveis de dióxido de carbono se elevam; esta elevação significa que os tecidos precisam de oxigênio e nutrientes. Quando os níveis de dióxido de carbono diminuem, ou à estimulação simpática, os esfincteres se fecham.

Um leito capilar contém várias conexões indiretas entre arteríolas e vênulas. Nestas vias de comunicação, o segmento arteriolar contém fibras musculares lisas capazes de alterar o seu diâmetro, e esta região é chamada de **metarteríola** (Figura 22.5a). O restante desta via de passagem assemelha-se a um capilar típico e é chamado de **"canal de passagem direta"**.

O sangue geralmente flui das arteríolas para as vênulas em velocidade constante, mas o fluxo sangüíneo em um único capilar pode ser bastante variável. Cada esfincter pré-capilar tem ciclos alternados de contração e relaxamento que ocorrem dezenas de vezes por minuto. Como resultado, o fluxo sangüíneo em qualquer capilar ocorre em pulsos, e não em uma

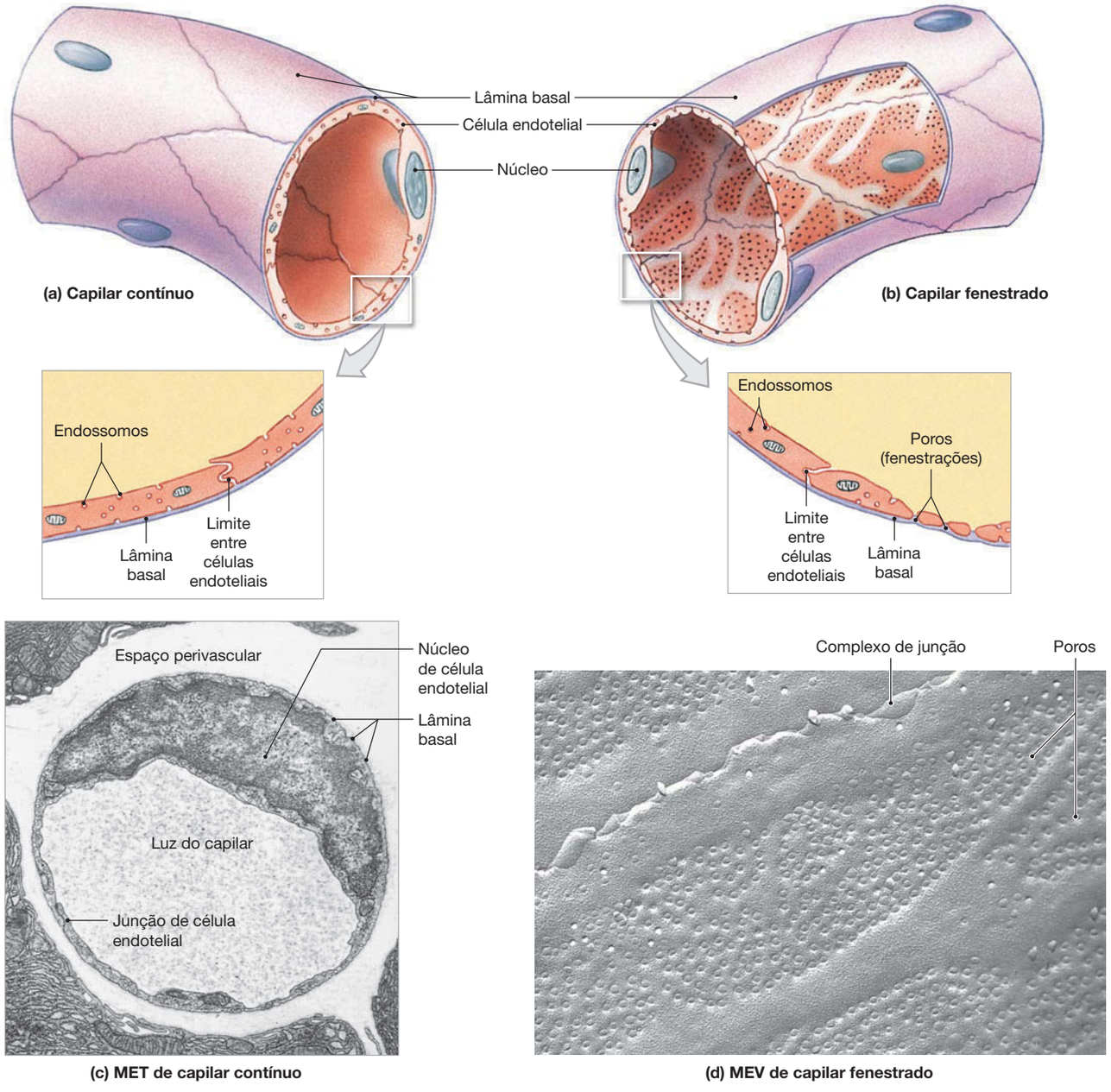


Figura 22.4 Estrutura de capilares.
(a) Representação diagramática de capilares contínuos mostrando a estrutura de suas paredes. **(b)** Esta representação diagramática de um capilar fenestrado detalha a estrutura de sua parede. **(c)** A MET mostra uma secção transversal de um capilar contínuo. Uma única célula endotelial forma um revestimento completo ao redor desta parte do capilar. **(d)** MEV mostrando a parede de um capilar fenestrado. Os poros são "falhas" no revestimento endotelial que permitem a passagem de grandes volumes de líquido e solutos. (MEV x 12.425)

corrente fixa e contínua. O resultado final é que o sangue pode atingir as vênulas ora por uma via, ora por outra bem diferente. Este processo, que é controlado no nível tecidual, é denominado **auto-regulação** capilar.

Existem também mecanismos para modificar o suprimento circulatório da rede capilar como um todo. As redes capilares no interior de uma área são freqüentemente supridas por mais de uma artéria. As artérias, denominadas **artérias colaterais**, entram na região e unem-se antes de terminarem em uma série de arteríolas. A interconexão é chamada de **anastomose arterial**. Anastomoses arteriais são encontradas no encéfalo, no coração, no estômago e em outras regiões do corpo com demandas circulatórias significativas. Este arranjo garante o suprimento circulatório aos tecidos; se um suprimento arterial é bloqueado, outro irá suprir de sangue o leito capilar. **Anastomoses arteriolovenulares*** são conexões diretas entre arteríolas e vênulas (Figura 22.5a). As anastomoses arteriovenosas são comuns em órgãos viscerais e articulações onde mudanças na posição do corpo poderiam obstruir o fluxo do sangue entre dois vasos. Músculos lisos nas paredes desses vasos podem se contrair ou relaxar para regular a quantidade de sangue que atinge o leito capilar. Por exemplo, quando as anastomoses arteriolovenulares estão dilatadas, o sangue passará diretamente para a circulação venosa desviando-se do leito capilar.

* N. de R.T. Conhecida amplamente como anastomose arteriovenosa.

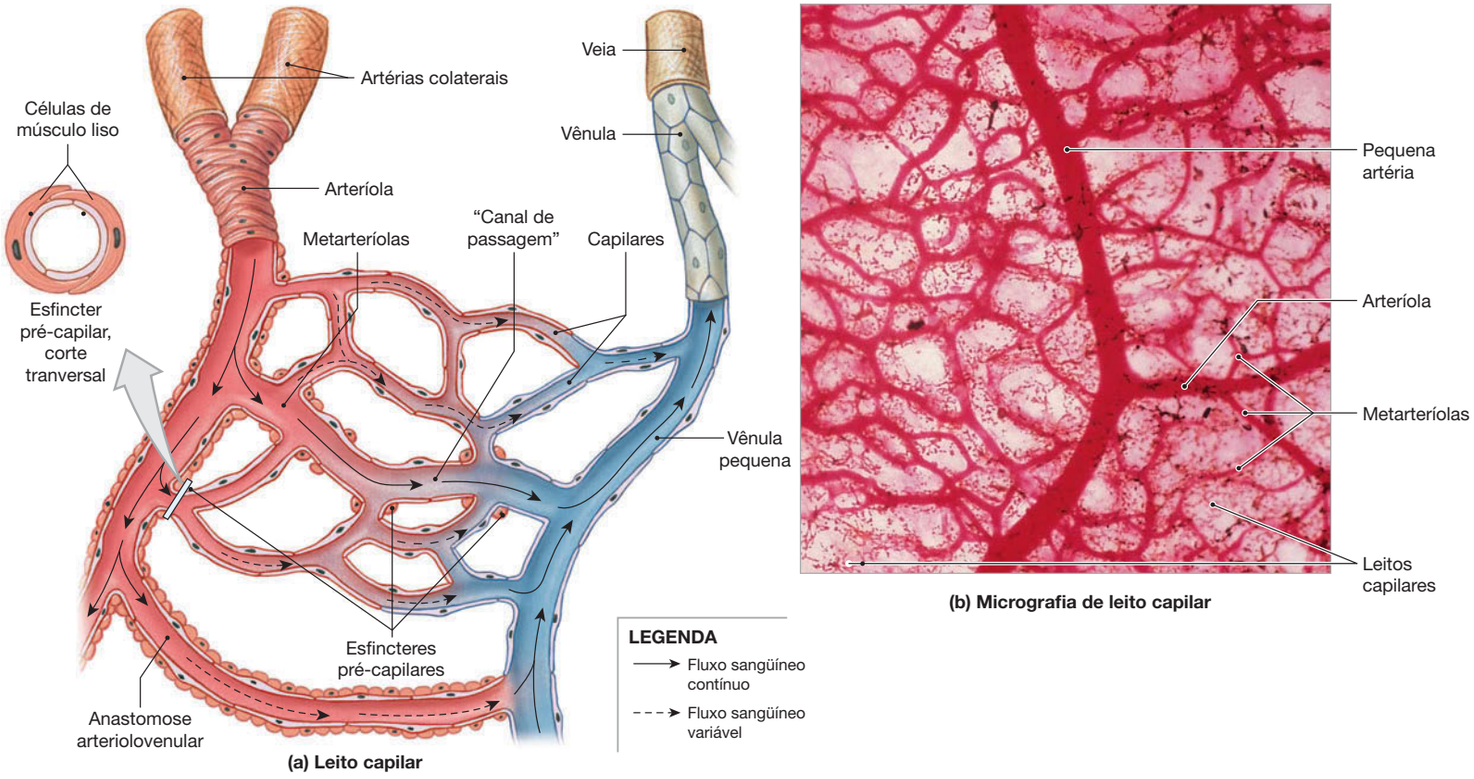


Figura 22.5 Organização de um leito capilar.
(a) Organização básica de um leito capilar típico. O padrão de fluxo sangüíneo modifica-se continuamente em resposta a alterações regionais na demanda de oxigênio do tecido. **(b)** Leito capilar conforme observado em um tecido vivo.

Veias [Figuras 22.1/22.2]

As veias coletam o sangue de todos os tecidos e órgãos retornando-o ao coração. Seguindo o padrão do fluxo sangüíneo, a discussão da rede venosa será realizada das vênulas para as veias de grande calibre, do mesmo modo que as artérias foram discutidas das artérias elásticas para as arteríolas. As paredes venosas são mais finas e menos elásticas do que as das artérias correspondentes, porque a pressão sangüínea nas veias é menor do que nas artérias. Exceto nas menores vênulas, a parede de todas as veias apresenta as mesmas três camadas encontradas nas artérias. No entanto, as veias apresentam maior variação estrutural do que as artérias, e a estrutura histológica de uma veia em particular pode variar ao longo do seu comprimento.

As veias são classificadas com base em seu tamanho, e em geral as veias apresentam diâmetro maior do que suas artérias correspondentes. Reveja as **Figuras 22.1**, pág. 572, e **22.2**, pág. 573, para comparar artérias e veias típicas.

Vênulas

As **vênulas** são as menores veias e coletam sangue dos capilares. Elas variam amplamente em tamanho e características. As menores vênulas assemelham-se a capilares dilatados, e aquelas com diâmetro menor que 50 µm não apresentam túnica média. A luz de uma vênula média tem um diâmetro total de aproximadamente 20 µm. As paredes de vênulas com mais de 50 µm de diâmetro contêm todas as três camadas, porém a túnica média é delgada, onde predomina tecido conectivo. A túnica média das vênulas maiores contém células musculares lisas esparsas.

Veias de médio calibre

As **veias de médio calibre** variam de 2 a 9 mm de diâmetro interno e em geral correspondem a artérias de médio calibre. Nessas veias, a túnica média é delgada e contém relativamente poucas fibras musculares lisas. A camada mais espessa das veias de médio calibre é a túnica adventícia, que contém feixes longitudinais de fibras elásticas e colágenas.

Veias de grande calibre

As **veias de grande calibre** incluem a *veia cava superior* e *a veia cava inferior* e suas tributárias no interior das cavidades torácica e abdominopélvica. Nas grandes veias, todas as camadas são mais espessas. A delgada túnica média é envolvida por uma espessa túnica adventícia composta de uma mistura de fibras elásticas e colágenas.

Válvulas venosas [Figura 22.6]

A pressão sangüínea nas vênulas e veias de médio calibre é muito baixa para se opor à pressão da gravidade. Nos membros, essas veias contêm **válvulas** unidirecionais que são formadas por pregas internas da túnica íntima (**Figura 22.6**). Essas válvulas agem como as valvas cardíacas, impedindo o refluxo do sangue. Enquanto as válvulas funcionam normalmente, qualquer movimento que distorça ou comprima as veias propele o sangue em direção ao coração. Por exemplo, enquanto se está em pé, o retorno do sangue (dos pés) precisa sobrepor a força da gravidade para subir ao coração. As válvulas compartimentalizam o sangue no interior das veias, dividindo assim o peso do sangue. A contração dos músculos circundantes facilita a propulsão do sangue em direção ao coração. Este mecanismo é denominado *bomba muscular.* As veias de grande calibre, como as veias cavas, são desprovidas de válvulas, mas as mudanças de pressão na cavidade torácica facilitam o movimento do sangue para o coração. Este mecanismo, denominado "*bomba toracoabdominal*"*, será discutido posteriormente no Capítulo 24.

* N. de R.T. Durante a inspiração, a pressão torácica diminui, gerando uma força de sucção denominada *vis a fronte* (força da frente).

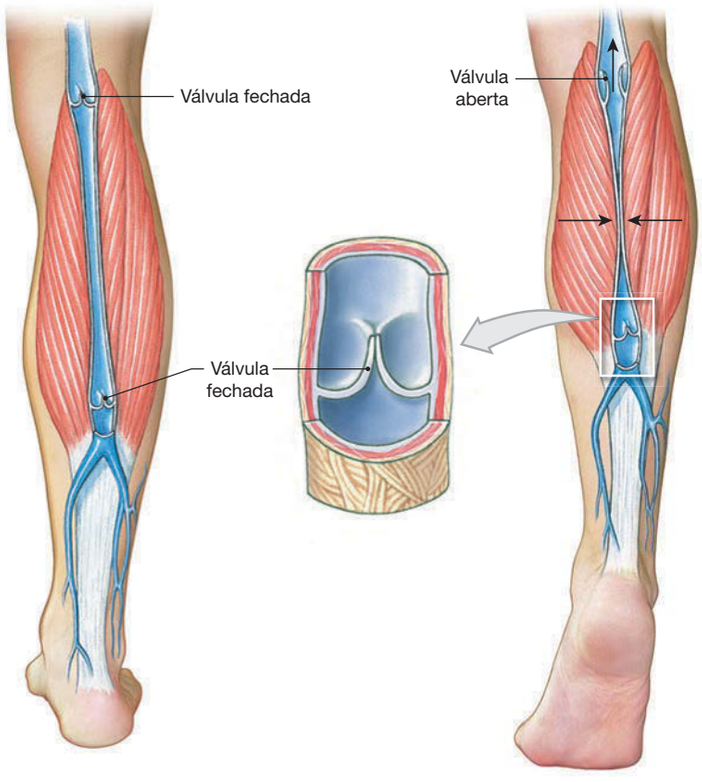


Figura 22.6 **Função das válvulas venosas.**
As válvulas nas paredes das veias de médio calibre evitam o refluxo do sangue. A compressão venosa causada pela contração dos músculos esqueléticos adjacentes cria uma pressão (representada pelas setas) que auxilia a manutenção do fluxo sangüíneo venoso. Modificações na posição do corpo e a "bomba toracoabdominal" podem oferecer força de propulsão adicional.

A distribuição do sangue [Figura 22.7]

O volume total do sangue é distribuído de modo desigual entre artérias, veias e capilares (Figura 22.7). O coração, as artérias e os capilares contêm normalmente 30 a 35% do volume sangüíneo (aproximadamente 1,5 L de sangue total) e o sistema venoso contém o restante (65 a 70%, ou em torno de 3,5 L).

Como suas paredes são mais finas e contêm menor proporção de músculo liso, as veias são mais distensíveis do que as artérias. A uma determinada pressão, uma veia típica distende-se por volta de oito vezes mais do que uma artéria correspondente. Se o volume de sangue se eleva ou diminui, as paredes elásticas distendem-se ou retraem-se, mudando o volume de sangue no sistema venoso.

Se ocorrer uma hemorragia grave, o centro vasomotor no bulbo estimula os nervos simpáticos que inervam as células musculares lisas nas paredes das veias de médio calibre. Quando as células musculares lisas das paredes se contraem, esta **venoconstrição** reduz o volume do sistema venoso. Além disso, o sangue entra na circulação geral vindo de redes venosas no fígado, na medula óssea e na pele. A redução da quantidade de sangue no sistema venoso pode manter o volume no interior do sistema arterial próximo de níveis normais, apesar da perda significativa de sangue. Desse modo, o sistema venoso age com um **reservatório de sangue**, com o fígado atuando como reservatório principal; a alteração no volume constitui a **reserva venosa**. A reserva venosa normalmente atinge mais de 1 litro, 21% do volume total de sangue.

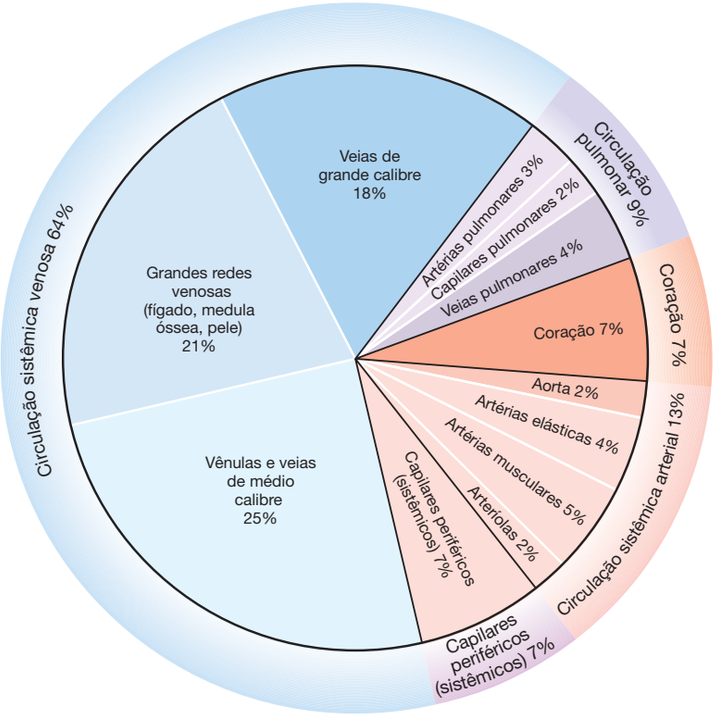


Figura 22.7 **A distribuição de sangue no sistema circulatório.**

REVISÃO DOS CONCEITOS

1. O exame de um corte de tecido mostra vários vasos pequenos de paredes finas com muito pouco tecido muscular liso na túnica média. De que tipo são estes vasos?
2. Por que as válvulas são encontradas nas veias e não nas artérias?
3. A artéria femoral é um exemplo de que tipo de artéria?
4. Ocorrem trocas gasosas entre o sangue e os tecidos circundantes nas arteríolas?

Veja a seção de Respostas na parte final do livro.

Distribuição dos vasos sangüíneos [Figura 22.8]

Os vasos sangüíneos do organismo podem ser divididos em vasos da circulação pulmonar e da circulação sistêmica. A circulação pulmonar é composta de artérias e veias que transportam o sangue entre o coração e os pulmões, uma distância relativamente curta. As artérias e veias da circulação sistêmica conduzem sangue oxigenado do coração para todos os outros tecidos, um trajeto circular que envolve distâncias muito maiores. Existem algumas diferenças funcionais e estruturais entre os vasos dessas circulações. Por exemplo, a pressão sangüínea na circulação pulmonar é relativamente baixa e as paredes das artérias pulmonares são mais finas do que as das artérias sistêmicas.

A Figura 22.8 resume as principais vias dentro das circulações pulmonar e sistêmica. Três padrões funcionais importantes surgirão a partir das tabelas e figuras que seguem:

1. A distribuição periférica das artérias e veias nos lados direito e esquerdo geralmente é idêntica, exceto nas proximidades do coração, onde os vasos maiores se conectam aos átrios ou ventrículos.

2. Um único vaso pode ter nomes diferentes enquanto atravessa regiões anatômicas específicas, tornando possíveis descrições anatômicas minuciosas ao longo do seu trajeto.
3. Muitas vezes, artérias e veias fazem anastomoses que reduzem o impacto de uma oclusão (bloqueio) temporária ou mesmo permanente de um único vaso.

A circulação pulmonar [Figura 22.9]

O sangue que chega ao átrio direito é proveniente dos tecidos periféricos e do miocárdio, onde o oxigênio foi liberado e o dióxido de carbono absorvido nos leitos capilares. Após passar pelo átrio e ventrículo direitos, o sangue penetra no tronco pulmonar, iniciando a circulação pulmonar. Essa circulação contém cerca de 9% do volume sangüíneo total, inicia-se na valva do tronco pulmonar e termina na entrada do átrio esquerdo. Na circulação pulmonar (Figura 22.9a), o dióxido de carbono é excretado, o oxigênio absorvido, e o sangue reoxigenado retorna ao coração para ser distribuído aos tecidos do corpo pela circulação sistêmica. Comparada à circulação sistêmica, a circulação pulmonar é relativamente curta; a base do tronco pulmonar e os pulmões estão separados por apenas 15 cm.

As artérias da circulação pulmonar diferem das artérias da circulação sistêmica pelo fato de transportarem sangue rico em dióxido de carbono (venoso). (Por essa razão, os diagramas com cores codificadas geralmente mostram o tronco pulmonar e as artérias pulmonares em azul, a mesma cor das veias sistêmicas.) Ao curvar-se sobre a margem superior do coração, o tronco pulmonar dá origem às **artérias pulmonares direita** e **esquerda**. Estas grandes artérias penetram nos pulmões antes de ramificarem-se repetidamente, dando origem a artérias cada vez menores. Os menores ramos, *as arteríolas pulmonares,* fornecem sangue às redes capilares que envolvem pequenos sacos aéreos, ou **alvéolos** (*alveolus,* saco) nos pulmões. As paredes dos alvéolos são suficientemente finas para que ocorram trocas gasosas entre o sangue capilar e o ar inspirado. (A estrutura dos alvéolos será descrita no Capítulo 24.) À medida que deixa os capilares alveolares, o sangue oxigenado entra nas vênulas que se unem para formar vasos maiores, transportando o sangue em direção às **veias pulmonares**. Estas quatro veias, duas para cada pulmão, se esvaziam no átrio esquerdo, completando a circulação pulmonar (Figura 22.9a). A Figura 22.9b mostra uma angiografia pulmonar evidenciando os vasos da circulação pulmonar e suas relações com o coração e os pulmões no indivíduo vivo.

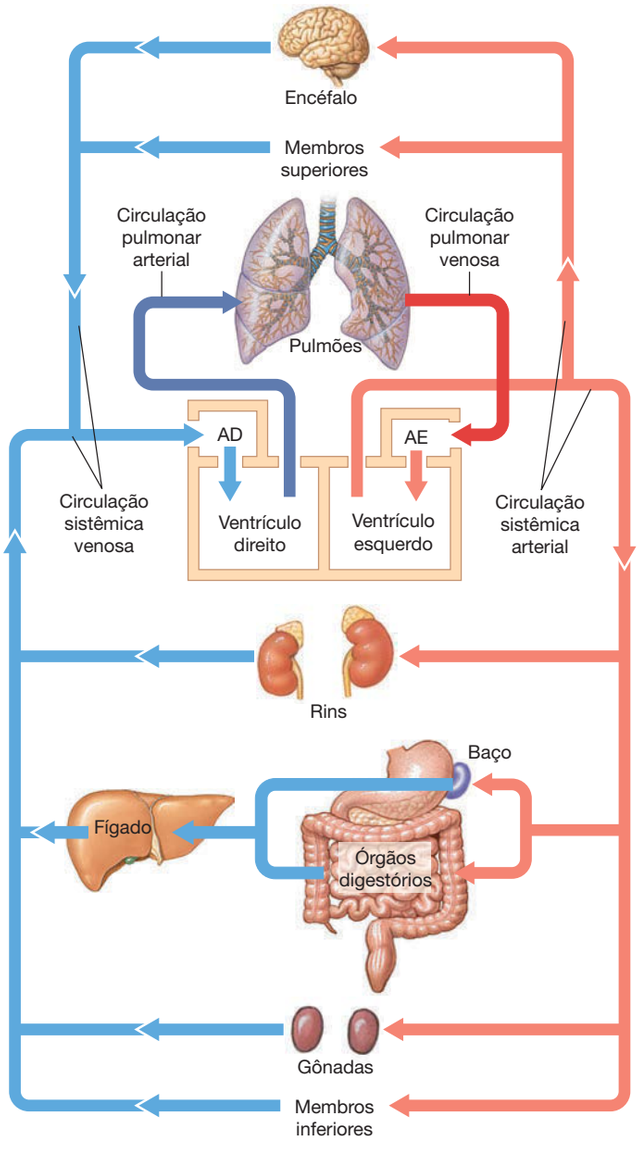


Figura 22.8 **Uma visão global do padrão geral de circulação.**

A circulação sistêmica

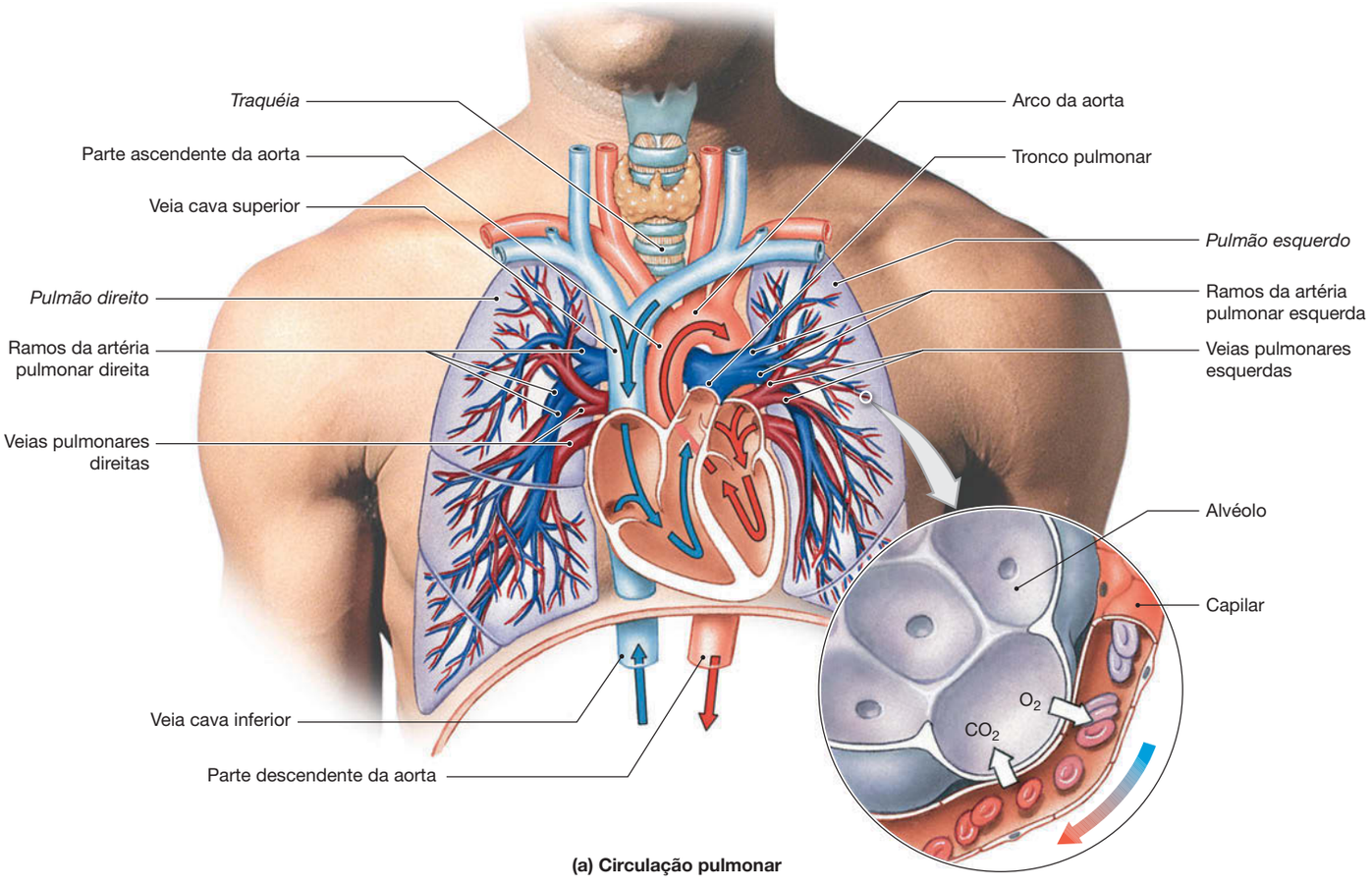
A circulação sistêmica começa na valva da aorta e termina na entrada para o átrio direito. Ela supre os leitos capilares em todas as partes do corpo não supridas pela circulação pulmonar e contém aproximadamente 84% do volume sangüíneo total.

Artérias sistêmicas [Figuras 22.10 a 22.20]

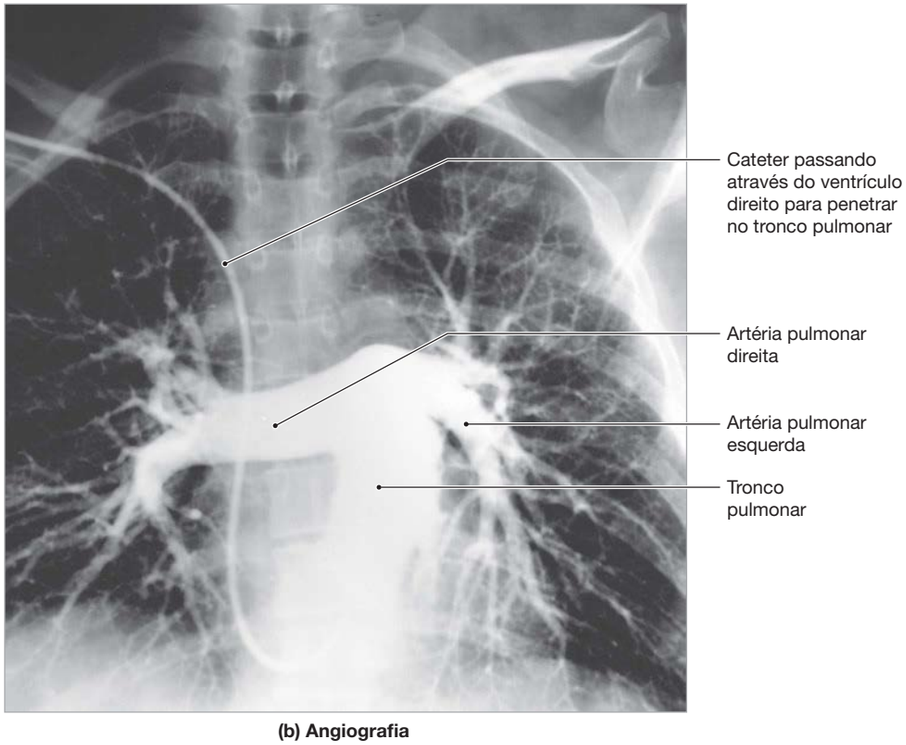
A Figura 22.10 fornece uma visão geral do sistema arterial. Esta figura indica as localizações relativas das principais artérias sistêmicas. A distribuição detalhada destes vasos e seus ramos pode ser observada nas Figuras 22.11 a 22.20. Como apresentamos figuras individuais para artérias e para veias, não incluímos os termos *artéria(s)* e *veia(s)* nas legendas; os nomes estarão sempre no singular, independentemente de os indicadores apontarem uma ou várias artérias. Por convenção, muitas das grandes artérias são denominadas *troncos*; para evitar confusão, estes nomes serão citados de modo completo. Como as descrições que se seguem focalizam a atenção sobre os principais ramos encontrados em ambos os lados do corpo, os termos *direito* e *esquerdo* aparecerão somente quando os dois vasos forem legendados.

A parte ascendente da aorta [Figuras 21.6a/21.8/22.9] A **parte ascendente da aorta** começa na valva da aorta no ventrículo esquerdo (Figuras 21.6a, ∞ pág. 555, e 22.9). As artérias coronárias direita e esquerda originam-se na base da parte ascendente da aorta, imediatamente superior à valva da aorta. A distribuição das artérias coronárias foi descrita no Capítulo 21 e ilustrada na Figura 21.8. ∞ pág. 559

O arco da aorta [Figuras 22.10 a 22.13] Curva-se sobre a superfície superior do coração e conecta as partes ascendente e descendente da aorta. Três artérias elásticas originam-se ao longo do arco da aorta (Figuras 22.10, 22.11 e 22.13). Essas artérias, o **tronco braquiocefálico**, a **carótida comum esquerda** e a **artéria subclávia esquerda**, conduzem o sangue para a cabeça, o pescoço, os ombros e os membros superiores. O tronco



(a) Circulação pulmonar



(b) Angiografia

Figura 22.9 A circulação pulmonar.

(a) Anatomia da circulação pulmonar. As setas azuis indicam o fluxo de sangue rico em dióxido de carbono; as setas vermelhas indicam o fluxo de sangue oxigenado. O detalhe ampliado mostra os alvéolos do pulmão e a difusão de gases do espaço alveolar para o sangue e do sangue para o espaço alveolar através das paredes do alvéolo e capilar alveolar (membrana alveolocapilar). **(b)** Angiografia pulmonar mostrando coração, vasos da circulação pulmonar, diafragma e pulmões.

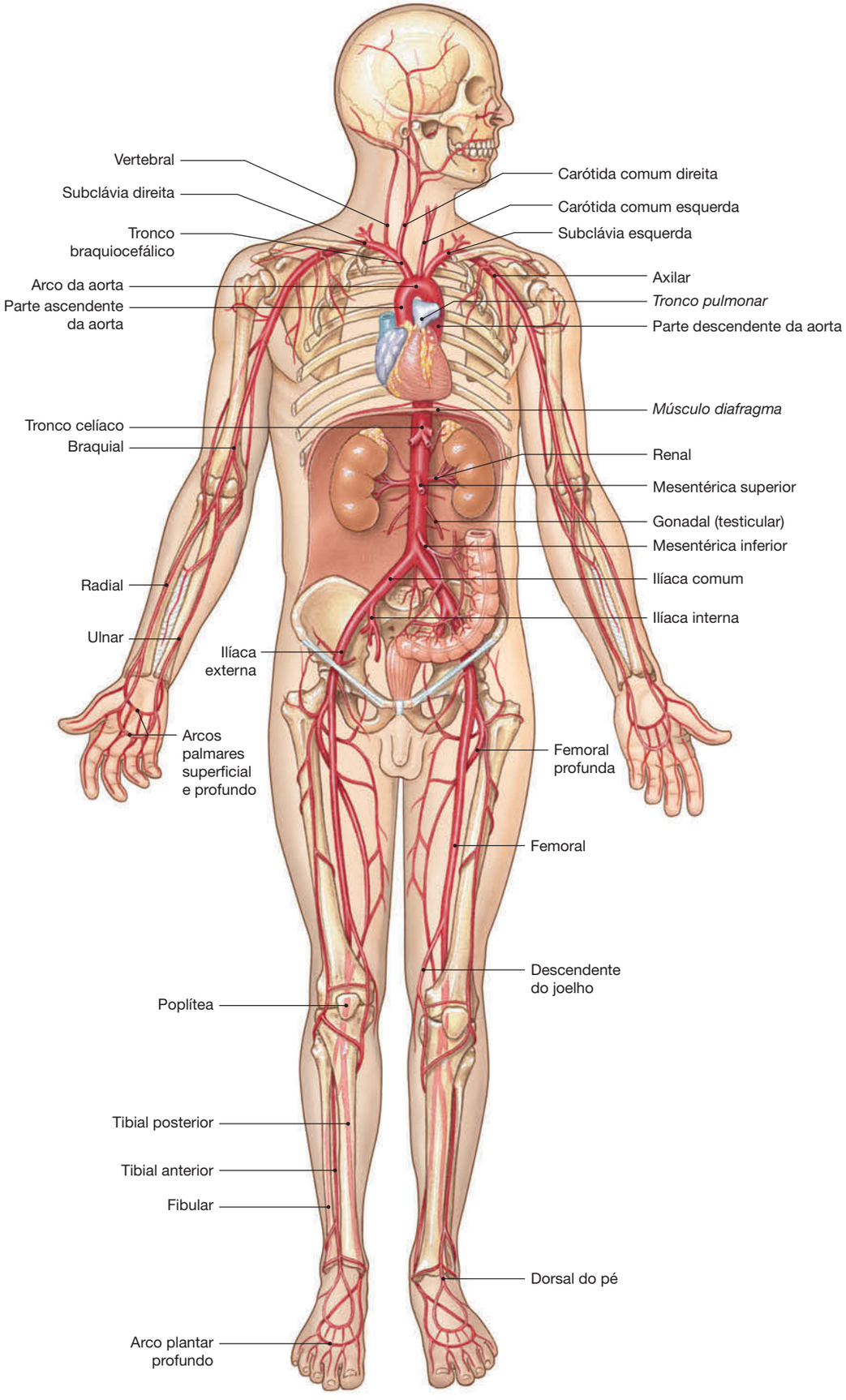


Figura 22.10 **Visão geral da circulação sistêmica arterial.**

braquiocefálico, também chamado de *artéria inominada,* sobe por uma curta distância antes de ramificar-se para formar a **artéria subclávia direita** e a **artéria carótida comum direita**. Existe apenas um tronco braquiocefálico, e a artéria carótida comum esquerda e a artéria subclávia esquerda se originam individualmente no arco da aorta. No entanto, em termos de distribuição periférica, os vasos do lado esquerdo são imagens especulares daqueles do lado direito. As Figuras 22.12 e 22.13 ilustram os principais ramos dessas artérias.

As artérias subclávias [Figuras 22.10 a 22.12] Os membros superiores, a parede do tórax, os ombros, o dorso, o encéfalo e a medula espinal são supridos pelas artérias subclávias (Figuras 22.10 a 22.12). Três ramos principais originam-se antes que a artéria subclávia deixe a cavidade torácica: (1) o **tronco tireocervical**, que supre os músculos e outros tecidos do pescoço, o ombro e a parte superior do dorso; (2) a **artéria torácica interna**, que supre o pericárdio e a parede anterior do tórax; e (3) a **artéria vertebral**, que supre o encéfalo e a medula espinal.

Após deixar a cavidade torácica e cruzar a margem externa da primeira costela, a artéria subclávia continua como **artéria axilar**, que supre os músculos da região peitoral e axila. A artéria axilar atravessa a axila para entrar no braço, onde dá origem às *artérias circunflexa anterior do úmero* e *circunflexa posterior do úmero,* que suprem estruturas próximas da cabeça do úmero*. Distalmente, a artéria axilar continua como **artéria braquial**, que supre o membro superior.

A artéria braquial inicialmente dá origem à **artéria braquial profunda**, que supre as estruturas profundas ao longo do compartimento posterior do braço. Origina as *artérias colaterais ulnares* superior e inferior, que, juntamente com as *artérias recorrentes ulnares,* suprem a área em torno do cotovelo. Na fossa cubital, a artéria braquial se divide em **artéria radial**, que acompanha o rádio, e **artéria ulnar**, que acompanha a ulna até o punho. Essas artérias suprem o antebraço. No punho, tais artérias se anastomosam para formar um **arco palmar superficial** e um **arco palmar profundo**, que respectivamente suprem a palma da mão e as **artérias digitais** que suprem o polegar e dedos**.

As artérias carótidas comuns e o suprimento sangüíneo ao encéfalo [Figuras 22.13 a 22.15] As artérias carótidas comuns ascendem profundamente nos tecidos do pescoço. Uma artéria carótida comum em geral pode ser localizada pressionando-se levemente cada lado da traquéia até sentir-se um pulso forte. Cada artéria carótida comum divide-se no nível da laringe em uma **artéria carótida externa** e uma **artéria carótida interna**. O **seio carótico**, localizado na base da artéria carótida interna, pode estender-se ao longo de uma parte da artéria carótida comum (Figura 22.13a e 22.14). O seio carótico contém barorreceptores e quimiorreceptores envolvidos na regulação da pressão arterial. pág. 475 A artéria carótida externa supre estruturas do pescoço, da faringe, do esôfago, da laringe, da mandíbula e da face. As

* N. de R.T. A artéria subescapular é o maior ramo da artéria axilar, supre parede do tórax, músculo latíssimo do dorso e região escapular.

** N. de R.T. O arco palmar superficial origina as artérias digitais palmares comuns, e estas, as artérias digitais palmares próprias; por outro lado, o arco palmar profundo origina as artérias metacarpais palmares. O polegar é irrigado pela artéria principal do polegar, ramo da artéria radial.

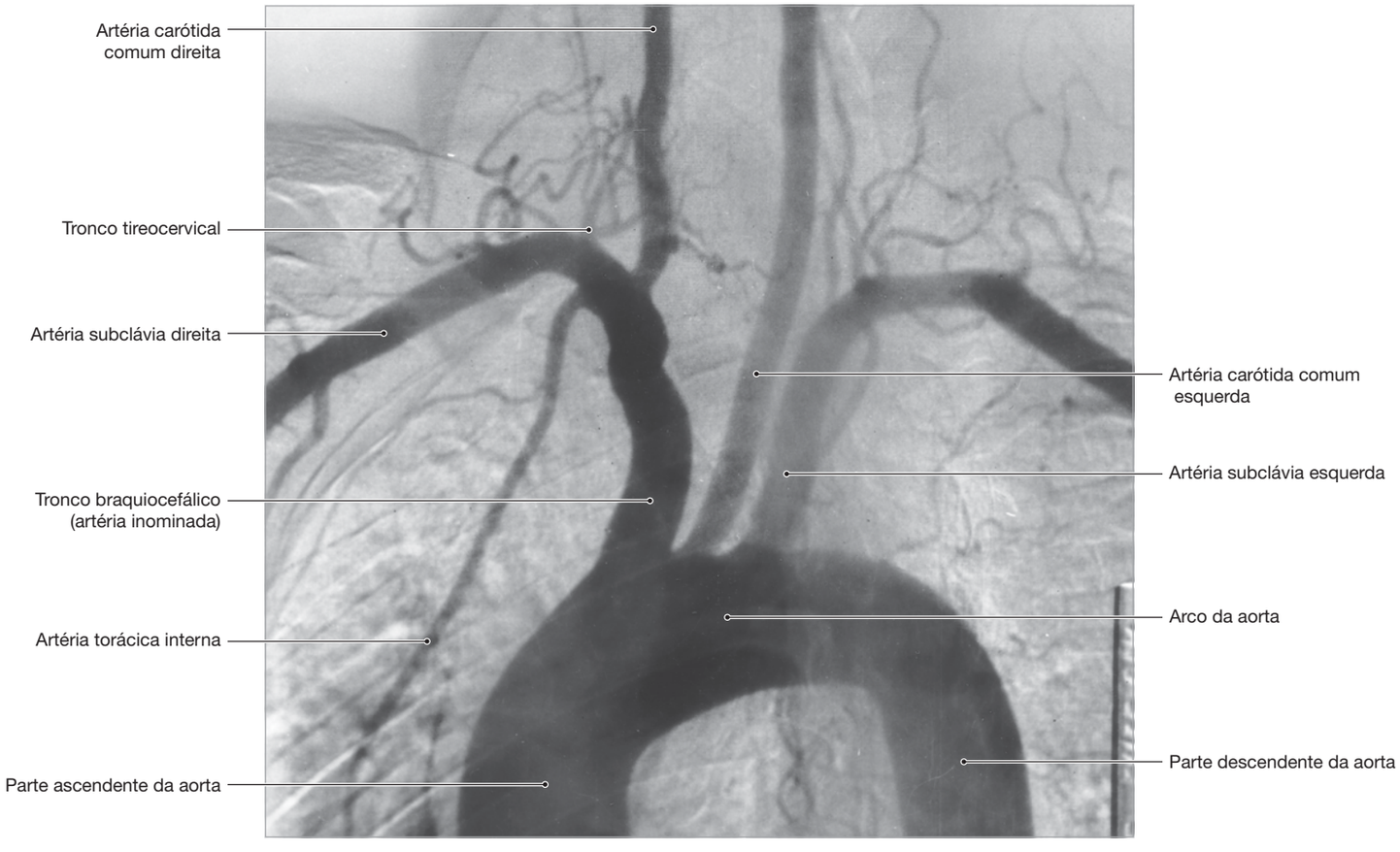


Figura 22.11 Angiografia da aorta.
Esta angiografia mostra a parte ascendente da aorta, o arco da aorta, a parte descendente da aorta, o tronco braquiocefálico (ramificando-se nas artérias subclávia direita e carótida comum direita), a artéria carótida comum esquerda e a artéria subclávia esquerda.

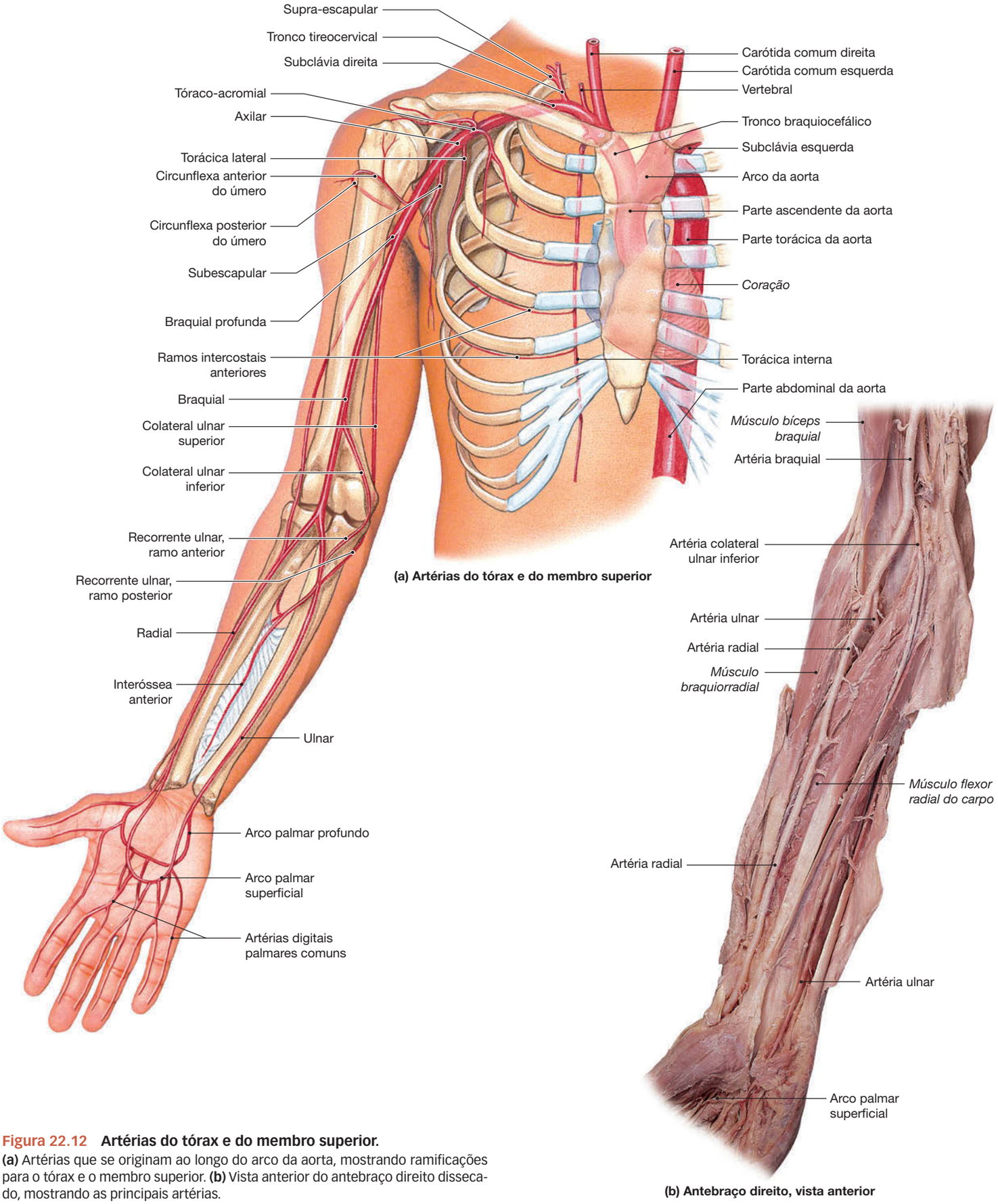
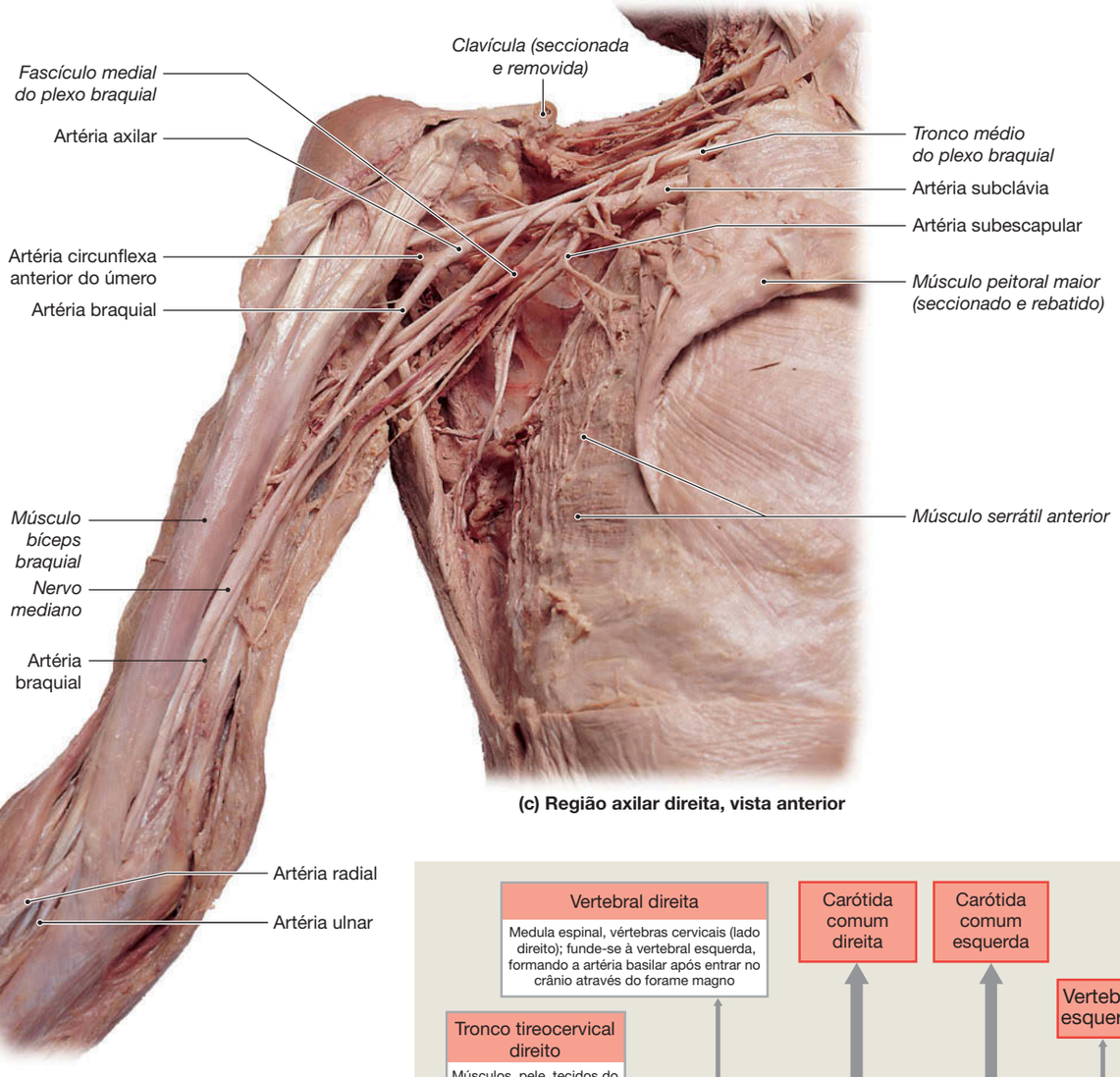
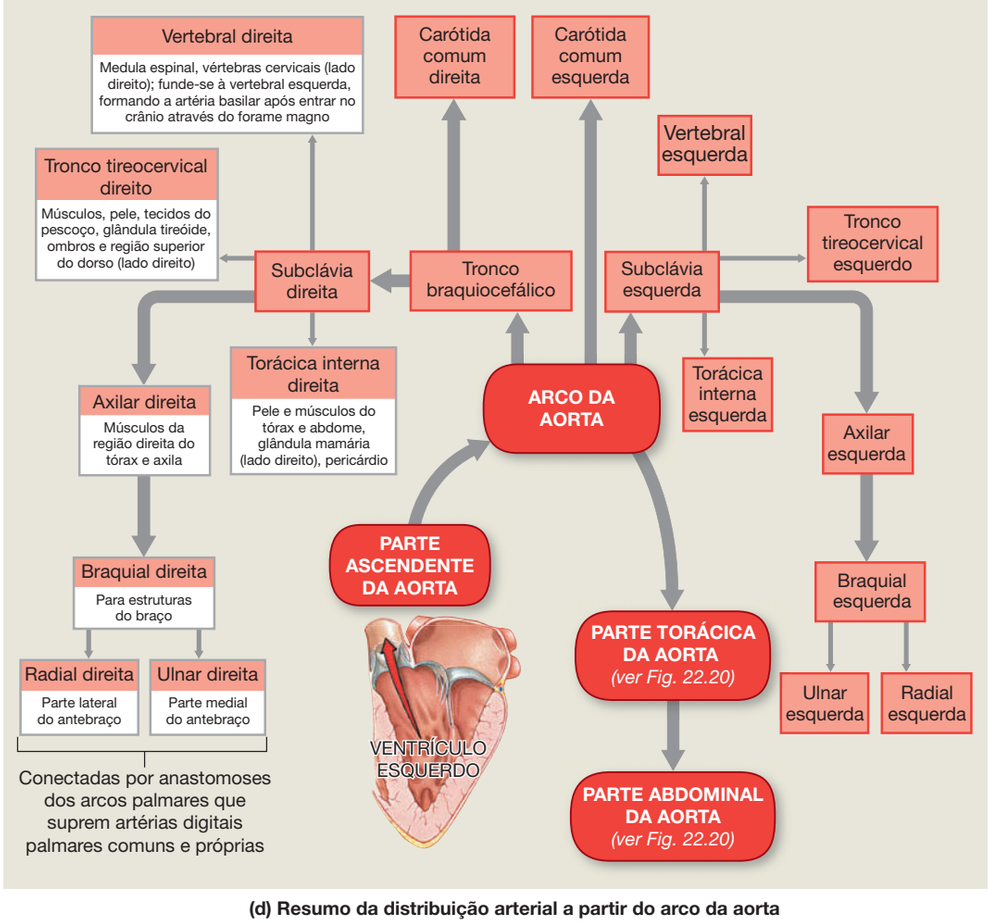


Figura 22.12 Artérias do tórax e do membro superior.
(a) Artérias que se originam ao longo do arco da aorta, mostrando ramificações para o tórax e o membro superior. **(b)** Vista anterior do antebraço direito dissecado, mostrando as principais artérias.



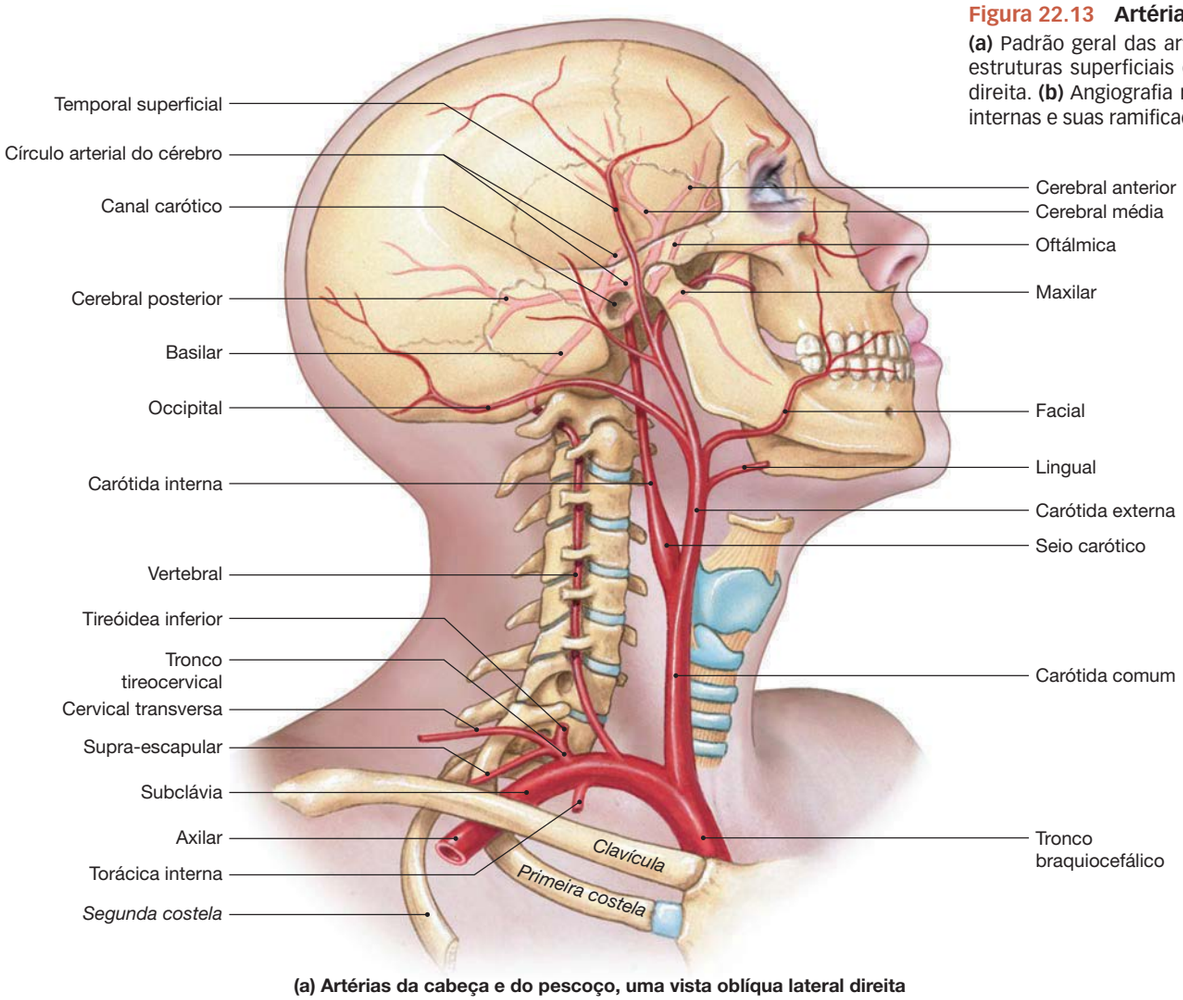
(c) Região axilar direita, vista anterior



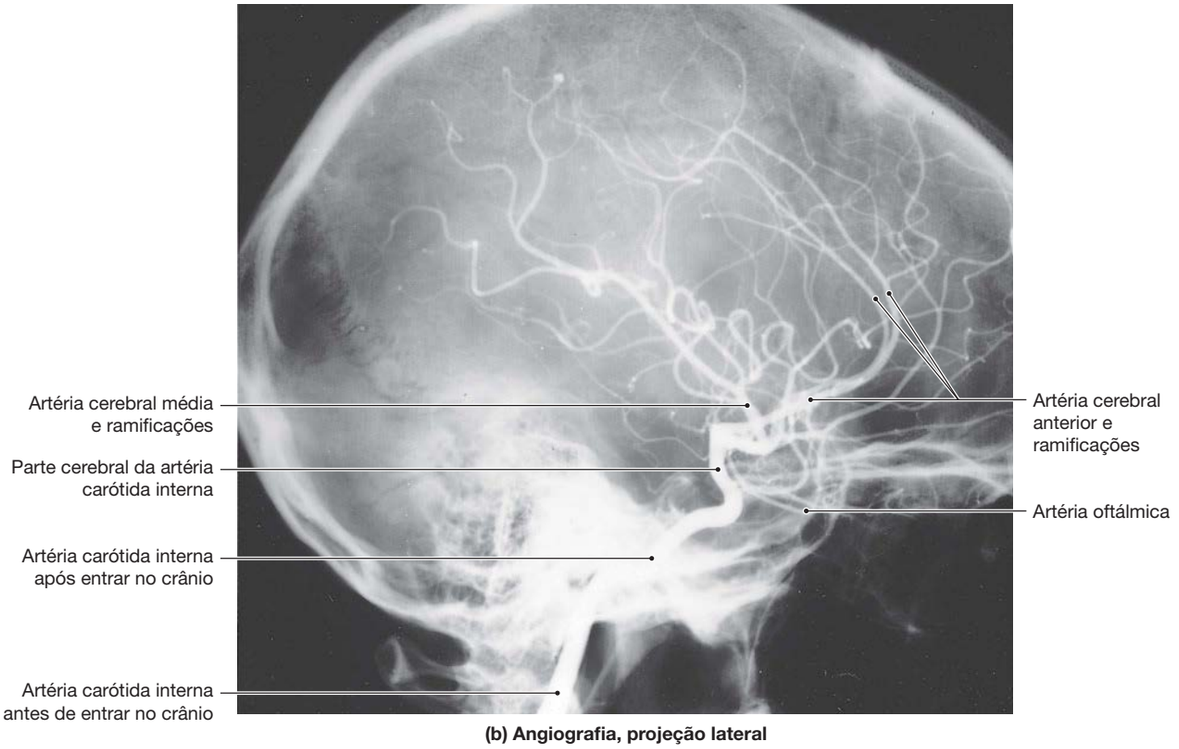
(d) Resumo da distribuição arterial a partir do arco da aorta

Figura 22.12 (*continuação*).
(c) Vista anterior da região axilar direita dissecada, mostrando vasos sangüíneos e nervos. **(d)** Fluxograma representando a distribuição arterial a partir do arco da aorta. As setas grossas representam os principais trajetos do fluxo sangüíneo; as setas finas representam a distribuição das vias secundárias ou terminais.

Figura 22.13 Artérias da cabeça e do pescoço.
(a) Padrão geral das artérias que suprem o pescoço e estruturas superficiais da cabeça; vista oblíqua lateral direita. **(b)** Angiografia mostrando as artérias carótidas internas e suas ramificações no interior do crânio.



(a) Artérias da cabeça e do pescoço, uma vista oblíqua lateral direita



(b) Angiografia, projeção lateral

artérias carótidas internas entram no crânio através dos *canais caróticos* dos ossos temporais, levando sangue para o encéfalo. pág. 139 Cada artéria carótida interna ascende até o nível do nervo óptico, onde se divide em três ramos: (1) **artéria oftálmica**, que supre o bulbo do olho e seus anexos; (2) **artéria cerebral anterior**, que supre os lobos frontal e parietal na face medial do hemisfério cerebral, e (3) **artéria cerebral média**, que supre os lobos frontal, parietal e temporal na face súpero-lateral do hemisfério cerebral (Figuras 22.13 e 22.15).

O encéfalo é extremamente sensível a mudanças em seu suprimento sangüíneo. Uma interrupção da circulação por segundos produzirá inconsciência e após quatro minutos pode ocorrer alguma lesão neural permanente. Estas crises são raras porque o sangue chega ao encéfalo pelas artérias vertebrais, assim como pelas artérias carótidas internas. As artérias vertebrais originam-se nas artérias subclávias e ascendem no interior dos *forames transversários* das vértebras cervicais. págs. 163-165 As artérias vertebrais entram no crânio através do forame magno, onde se fundem ao longo da superfície ventral do bulbo para formar a **artéria basilar**. A artéria basilar continua na superfície ventral da ponte, originando vários ramos antes de se dividir nas **artérias cerebrais posteriores**. As **artérias comunicantes posteriores** se ramificam a partir das artérias cerebrais posteriores* (Figuras 22.13a e 22.15a,b).

As artérias carótidas internas suprem as áreas da metade anterior do cérebro, enquanto o restante do encéfalo é suprido pelas artérias vertebrais. Porém, este padrão circulatório pode mudar facilmente porque as artérias carótidas internas e a artéria basilar são interligadas em uma anastomose em forma de anel, o **círculo arterial do cérebro**, ou *polígono de Willis*, que circunda o infundíbulo da neuro-hipófise (Figura 22.15 a,b). Com esta organização, o encéfalo pode receber sangue de qualquer uma ou de ambas as fontes arteriais, reduzindo assim as chances de uma interrupção da circulação.

A parte descendente da aorta [Figuras 22.10/22.16/22.20] Contínua ao arco da aorta está a **parte descendente da aorta**. O diafragma divide a parte descendente da aorta em uma **parte torácica da aorta**, superior, e uma **parte abdominal da aorta**, inferior (Figura 22.10, pág. 581). Um resumo da distribuição do sangue a partir da parte descendente da aorta é apresentado na Figura 22.20, pág. 593. Os ramos da parte torácica da aorta são apresentados na Figura 22.16.

A parte torácica da aorta [Figura 22.16] A parte torácica da aorta começa no nível da vértebra T V e atravessa o músculo diafragma no nível da vértebra T XII (Figura 22.16). A parte torácica da aorta cruza o mediastino, junto à parede posterior do tórax, imediatamente à esquerda da coluna vertebral, e conduz sangue a ramos que suprem as vísceras e os músculos do tórax, o músculo diafragma e a parte torácica da medula espinal. Os ramos da parte torácica da aorta são agrupados anatomicamente em *ramos viscerais* e *ramos parietais*. Os ramos viscerais suprem os órgãos do tórax: os **ramos bronquiais** suprem as vias de condução aérea dos pulmões, os **ramos pericárdicos** suprem o pe-

* N. de R.T. Pela Terminologia Anatômica, a artéria comunicante posterior é ramo da artéria carótida interna e comunica esta com a artéria cerebral posterior.

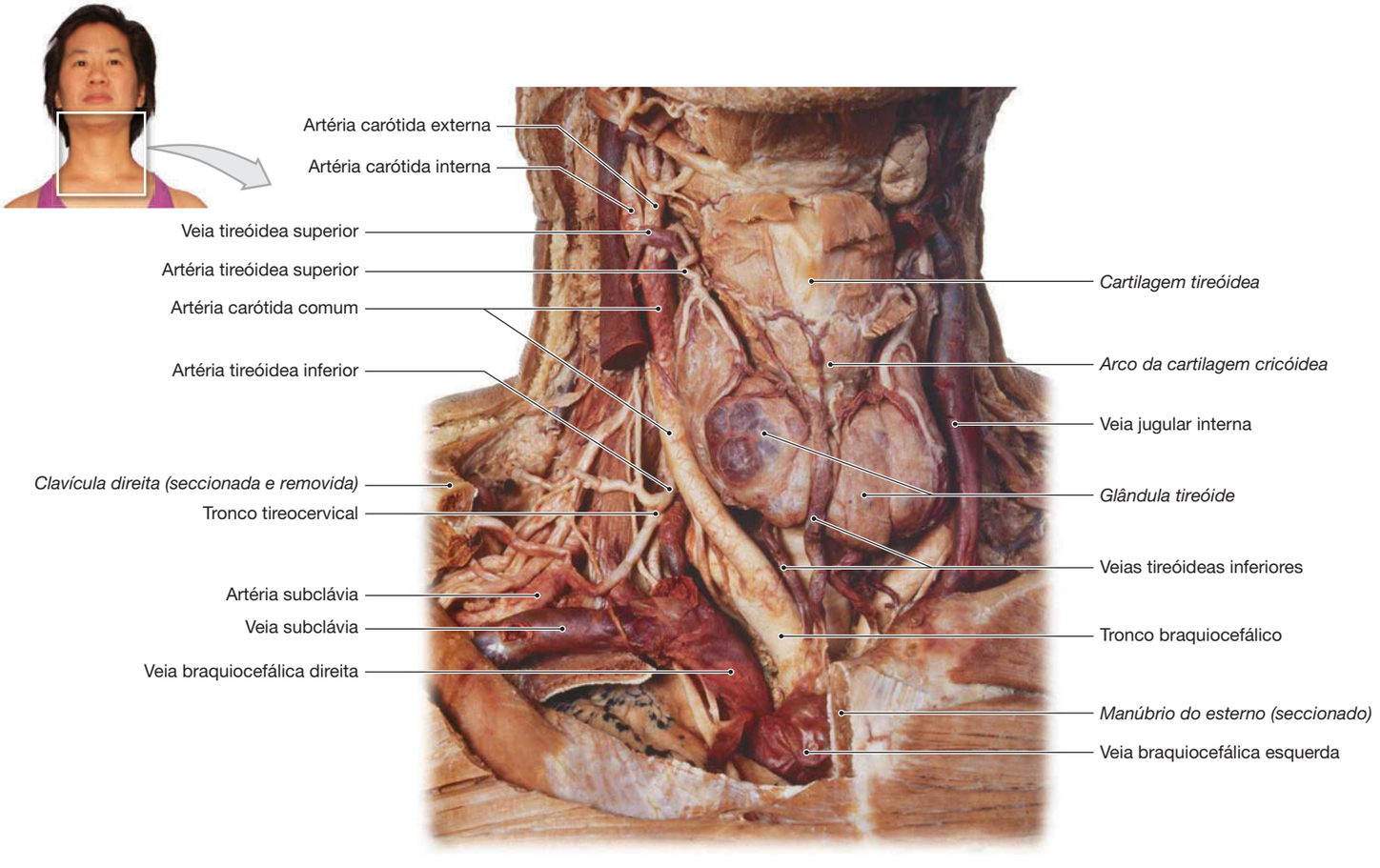
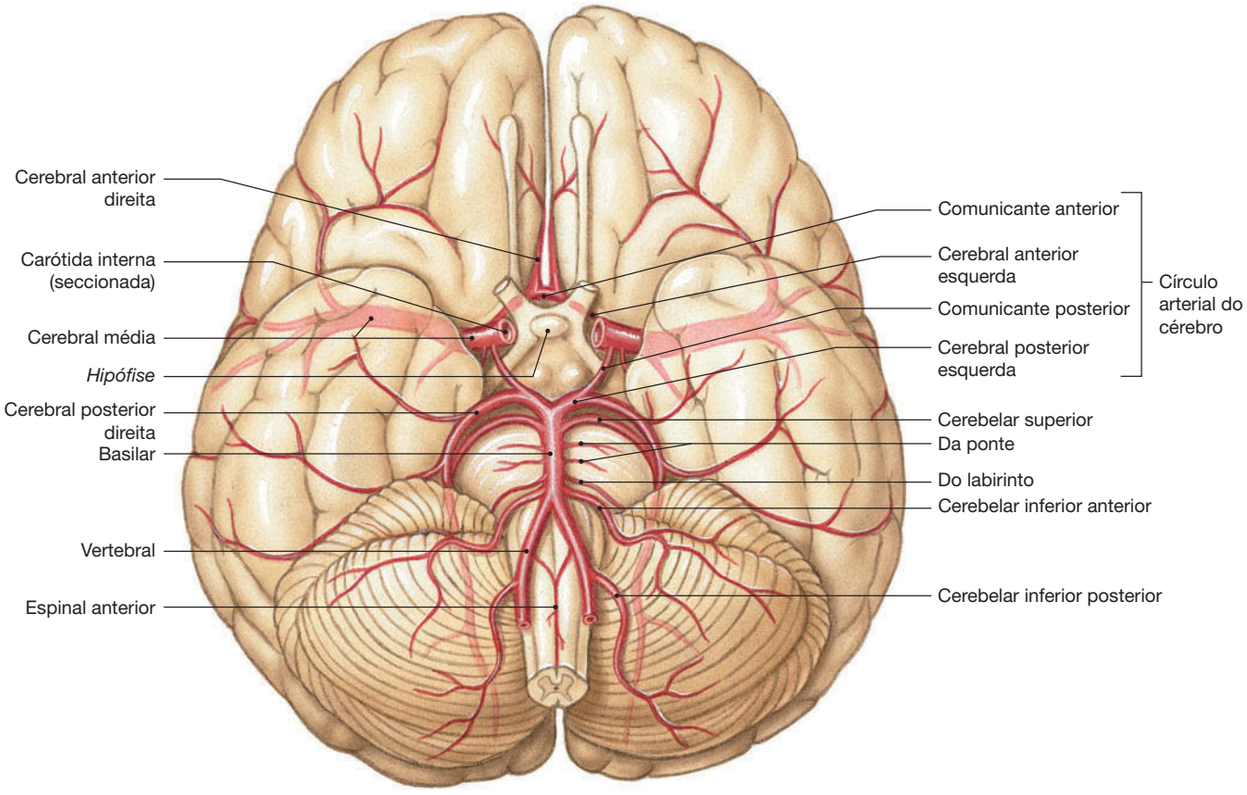
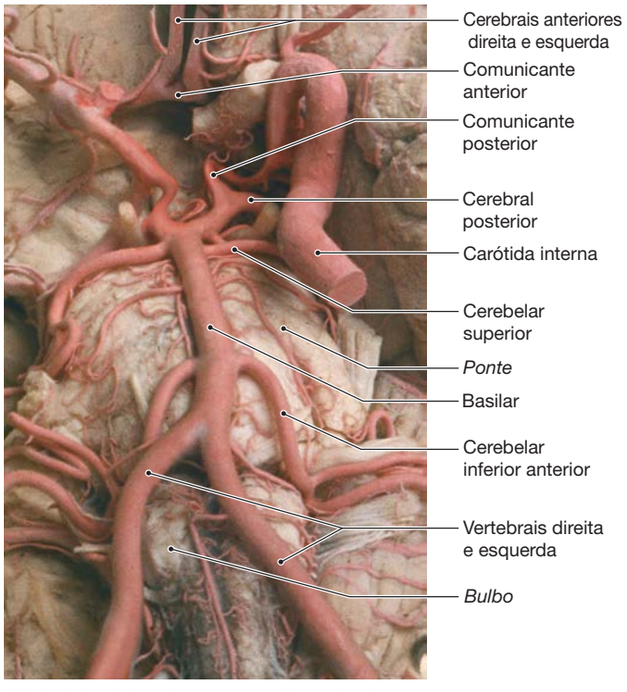


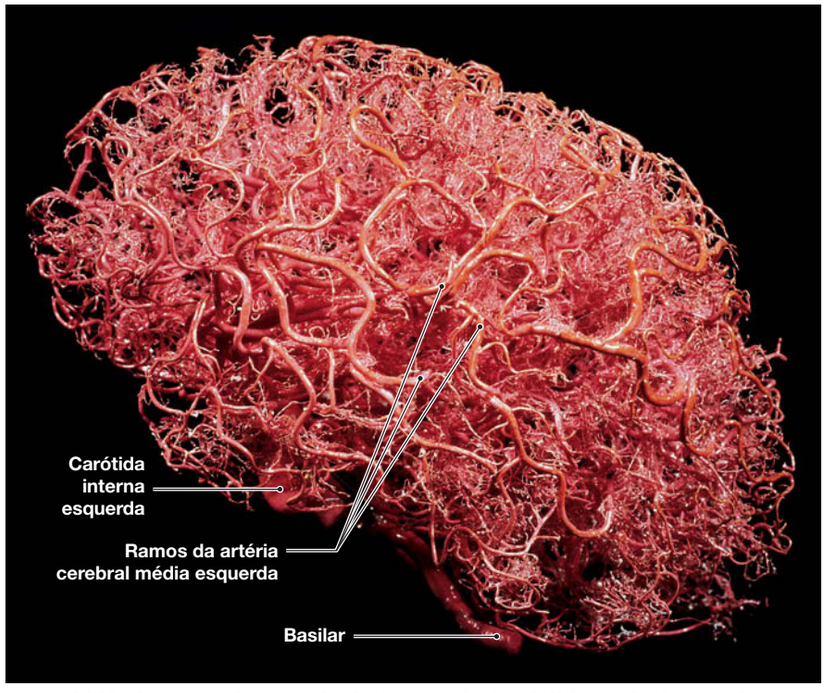
Figura 22.14 Principais artérias do pescoço.
Dissecação da região anterior do pescoço mostrando a posição e o aspecto das principais artérias. Nesta dissecação, parte da clavícula direita, primeira costela e manúbrio do esterno foram removidos, juntamente com a parte inferior da veia jugular interna direita.



(a) Artérias do encéfalo, vista inferior



(b) Artérias injetadas, mostrando o círculo arterial do cérebro



(c) Molde preparado pelo método de corrosão, hemisfério cerebral esquerdo

Figura 22.15 Suprimento arterial ao encéfalo.

(a) Vista inferior do encéfalo, mostrando a distribuição das artérias. Veja a *Figura 22.22b* para uma imagem comparável das veias da superfície inferior do encéfalo. **(b)** As artérias na superfície inferior do encéfalo; os vasos foram injetados com látex vermelho, facilitando sua visualização. **(c)** Vista lateral das artérias que suprem o encéfalo. Modelo preparado pelo método de corrosão: os vasos foram injetados com látex e o tecido encefálico foi dissolvido e removido em banho de ácido.

ricárdio, os **ramos mediastinais** suprem estruturas do mediastino e os **ramos esofágicos** suprem o esôfago. Os ramos parietais suprem a parede torácica: as **artérias intercostais posteriores** suprem os músculos do tórax e a área da coluna vertebral, e as **artérias frênicas superiores** suprem a superfície superior do diafragma, que separa as cavidades torácica e abdominopélvica.

A parte abdominal da aorta [Figuras 22.16/22.17] A parte abdominal da aorta tem origem imediatamente inferior ao diafragma (Figuras 22.16 e 22.17) e situa-se imediatamente à esquerda da coluna vertebral, mas posteriormente à cavidade peritoneal; muitas vezes é circundada por um coxim de tecido adiposo. No nível da vértebra L IV, a parte abdominal da aorta divide-se nas *artérias ilíacas comuns direita* e *esquerda*, as quais suprem as estruturas pélvicas profundas e os membros inferiores. A região onde a aorta se divide é denominada **segmento terminal da aorta**.

A parte abdominal da aorta supre todos os órgãos e estruturas abdominais. Os principais ramos para as vísceras são ímpares e se originam na superfície anterior da parte abdominal da aorta, estendendo-se pelos mesos (mesentério, mesocolo) até atingir os órgãos viscerais. Os ramos para a parede do corpo, rins e outras estruturas externas à cavidade peritoneal são pares e se originam ao longo das superfícies laterais da parte abdomi-

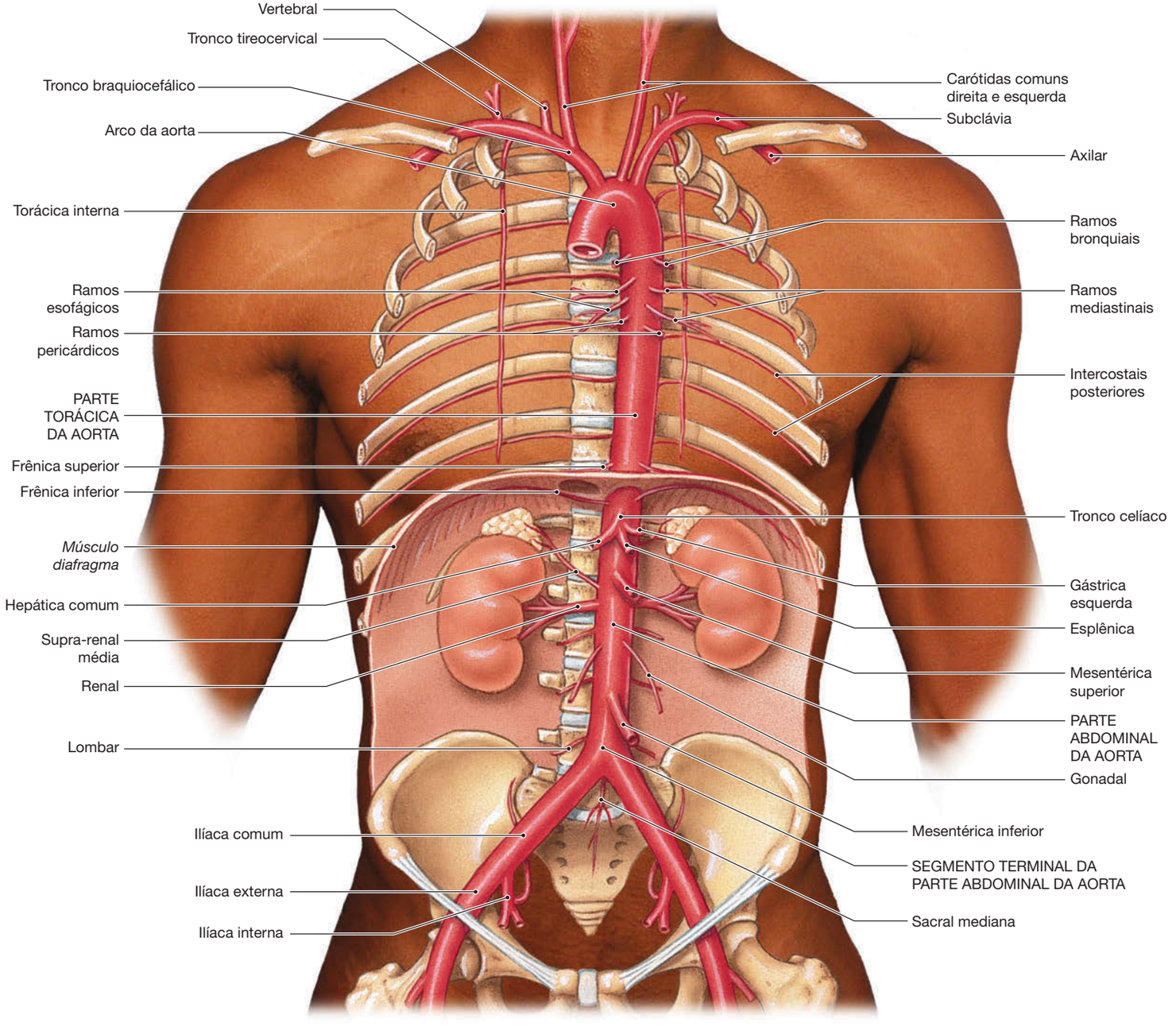
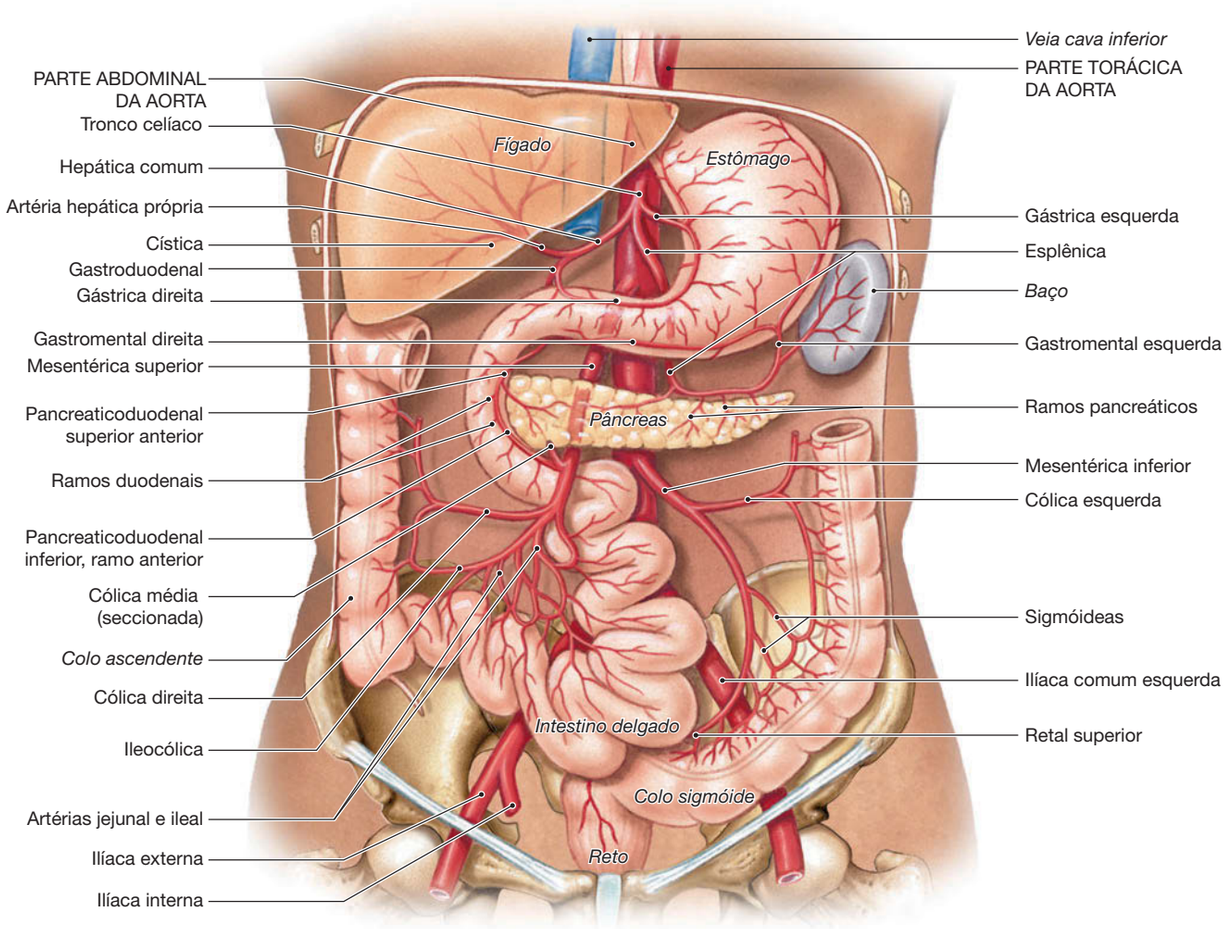
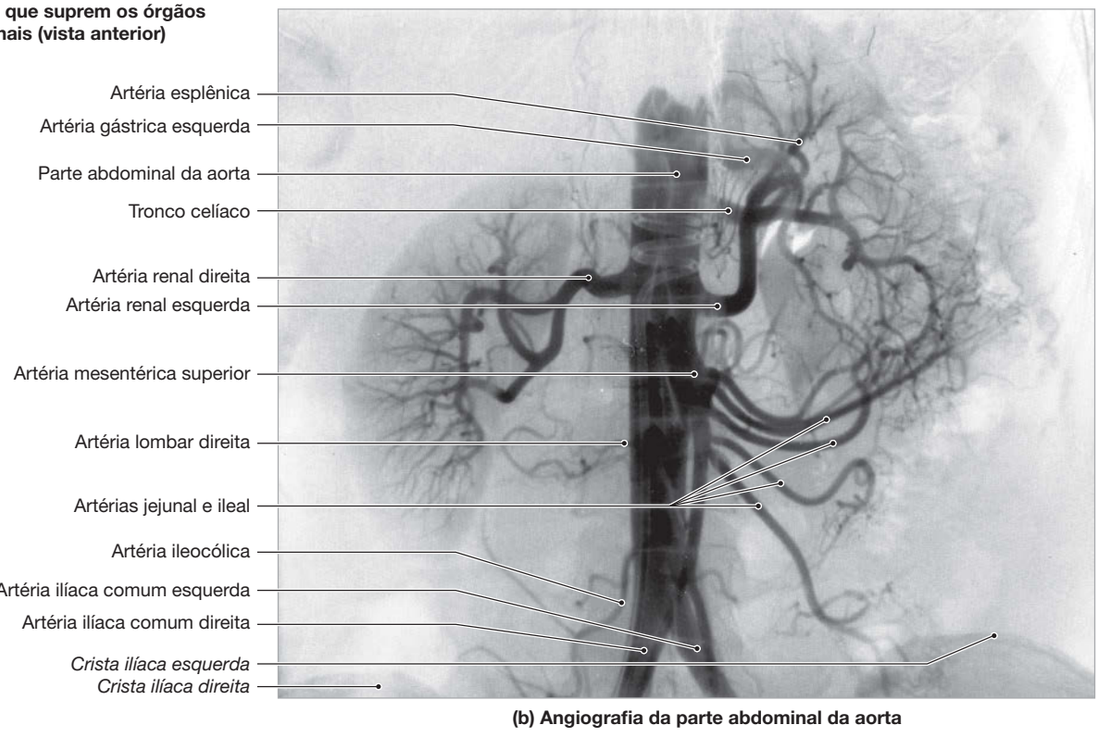


Figura 22.16 **Principais artérias do tronco.**



(a) Artérias que suprem os órgãos abdominais (vista anterior)



(b) Angiografia da parte abdominal da aorta

Figura 22.17 Artérias do abdome.
(a) Principais artérias que suprem as vísceras abdominais. **(b)** Angiografia da parte abdominal da aorta, mostrando artérias para as vísceras e os rins (projeção ântero-posterior).

nal da aorta. A Figura 22.16 mostra as principais artérias do tronco, com os órgãos torácicos e abdominais removidos.

Existem três artérias ímpares: (1) o *tronco celíaco*, (2) a *artéria mesentérica superior* e (3) a *artéria mesentérica inferior* (Figuras 22.16 e 22.17).

1. O **tronco celíaco** supre o fígado, o estômago, o esôfago, a vesícula biliar, o duodeno, o pâncreas e o baço. O tronco celíaco se divide em três ramos:
   - a **artéria gástrica esquerda**, que supre o estômago e a parte abdominal do esôfago;
   - a **artéria esplênica**, que supre o baço, o estômago (*artéria gastromental esquerda*) e o pâncreas (*artérias pancreáticas*); e
   - a **artéria hepática comum**, que supre o fígado (*artéria hepática própria*), o estômago (*artéria gástrica direita*), a vesícula biliar (*artéria cística*) e o duodeno (*artéria gastroduodenal e seus ramos, as artérias gastromental direita e pacreaticoduodenal superior*).
2. A **artéria mesentérica superior** tem origem cerca de 2,5 cm inferiormente ao tronco celíaco para suprir o pâncreas e o duodeno (*artéria pancreaticoduodenal inferior*), o intestino delgado (*artérias jejunais e ileais*) e grande parte do intestino grosso (*artérias ileocólica, cólica direita* e *cólica média*).
3. A **artéria mesentérica inferior** origina-se cerca de 5 cm superiormente ao segmento terminal da aorta e conduz sangue aos colos transverso, descendente e sigmóide (*artérias cólica esquerda* e *sigmóideas*) e reto (*artéria retal superior*).

Existem cinco artérias pares: (1) as *frênicas inferiores*, (2) as *supra-renais médias*, (3) as *renais*, (4) as *gonadais* e (5) as *lombares*.

1. As **artérias frênicas inferiores** suprem a superfície inferior do diafragma e a porção inferior do esôfago.
2. As **artérias supra-renais médias** se originam em cada um dos lados da parte abdominal da aorta, nas proximidades da base da artéria mesentérica superior. Cada artéria supra-renal média supre uma glândula supra-renal, a qual recobre o pólo superior do rim.
3. As **artérias renais** são curtas (cerca de 7,5 cm) e originam-se ao longo da superfície póstero-lateral da parte abdominal da aorta, cerca de 2,5 cm abaixo da artéria mesentérica superior, e fazem trajeto posteriormente ao revestimento peritoneal para atingir as glândulas supra-renais e os rins. Os ramos das artérias renais serão discutidos no Capítulo 26.
4. As **artérias gonadais** originam-se entre as artérias mesentéricas superior e inferior. Nos homens, recebem a denominação *artérias testiculares* e são artérias longas e delgadas que suprem os testículos e o escroto. Nas mulheres, elas são chamadas de *artérias ováricas* e suprem os ovários, as tubas uterinas e o útero. A distribuição dos vasos gonadais (tanto artérias quanto veias) difere em homens e mulheres; estas diferenças serão descritas no Capítulo 27.
5. As pequenas **artérias lombares** originam-se na superfície posterior da parte abdominal da aorta e suprem as vértebras, a medula espinal e a parede abdominal posterior.

Artérias da pelve e dos membros inferiores [Figuras 22.16/22.18/22.19] Próximo ao nível da vértebra L IV, o segmento terminal da parte abdominal da aorta se subdivide para formar um par de artérias musculares, a **artéria ilíaca comum direita** e a **artéria ilíaca comum esquerda**, e a pequena **artéria sacral mediana**. Essas artérias conduzem sangue à pelve e aos membros inferiores (Figuras 22.16, 22.18 e 22.19). À medida que as artérias ilíacas comuns direita e esquerda percorrem a superfície interna do ílio, fazem trajeto na direção inferior, posteriormente ao ceco e ao colo sigmóide respectivamente e, no nível da articulação lombossacral, cada artéria ilíaca comum divide-se em uma **artéria ilíaca interna** e uma **artéria ilíaca externa**. A artéria ilíaca interna penetra na cavidade pélvica para suprir a bexiga urinária, paredes interna e externa da pelve, órgãos genitais internos e externos e o compartimento medial da coxa. Os principais ramos da artéria ilíaca interna são as *artérias glúteas superior, pudenda interna, obturatória* e *sacrais laterais**. Em mulheres, estes vasos também suprem o útero e a vagina. As artérias ilíacas externas suprem os membros inferiores e são muito maiores em diâmetro do que as artérias ilíacas internas.

Artérias da coxa e da perna [Figuras 22.18/22.19] A artéria ilíaca externa cruza a superfície do músculo iliopsoas e penetra na coxa a meia distância entre a espinha ilíaca ântero-superior e a sínfise púbica. Emerge na região anterior da coxa como **artéria femoral** e, distalmente em cerca de 5 cm, na sua superfície lateral, dá origem à **artéria femoral profunda** (Figura 22.18). A artéria femoral profunda dá origem às *artérias circunflexas femorais medial* e *lateral* e supre os músculos profundos da coxa e a pele das regiões anterior e lateral da coxa**.

A artéria femoral continua inferior e posteriormente ao fêmur. Emite um ramo, a **artéria descendente do joelho**, que supre a região do joelho. Continuando seu trajeto, a artéria femoral passa através do músculo adutor magno, tornando-se, a partir daí, **artéria poplítea** (Figura 22.19). A artéria poplítea cruza a fossa poplítea antes de se ramificar para formar a **artéria tibial posterior** e a **artéria tibial anterior**. A artéria tibial posterior dá origem à **artéria fibular**, ou *artéria peroneal*, e segue inferiormente ao longo da face posterior da tíbia. A artéria tibial anterior passa entre a tíbia e a fíbula, emergindo na região anterior da perna. Conforme avança em direção ao pé, a artéria tibial anterior supre a pele e os músculos desta região.

Artérias do pé [Figuras 22.18/22.20] Quando a artéria tibial anterior atinge o tornozelo, ela se torna **artéria dorsal do pé**. A artéria dorsal do pé se ramifica repetidamente, suprindo o tornozelo e o dorso do pé (Figura 22.18).

Ao atingir o tornozelo, a artéria tibial posterior se subdivide para formar as **artérias plantares medial** e **lateral**, as quais suprem a região plantar do pé. As artérias plantares medial e lateral estão ligadas à artéria dorsal do pé por um par de anastomoses. Esta conexão liga a **artéria arqueada** ao **arco plantar profundo**. Pequenas artérias, ramificadas a partir destes arcos, suprem as partes distais do pé e dedos.

Antes de prosseguir, reveja a Figura 22.20, que resume a distribuição do sangue a partir da aorta, em suas partes torácica, abdominal e terminal.

REVISÃO DOS CONCEITOS

1. Que regiões do corpo recebem sangue das artérias carótidas?
2. Que artéria é encontrada na região do músculo bíceps braquial direito?
3. Que artéria se continua a partir da artéria ilíaca externa após esta última deixar a cavidade abdominal?
4. A lesão das artérias carótidas internas sempre resulta em lesão encefálica? Explique.

Veja a seção de Respostas na parte final do livro.

* N. de R.T. Dentre os principais ramos da artéria ilíaca interna, incluir-se-iam as artérias umbilical, glútea inferior e na mulher a artéria uterina.

** N. de R.T. Acrescentar-se-iam as artérias perfurantes (cerca de quatro), que suprem os músculos posteriores da coxa.

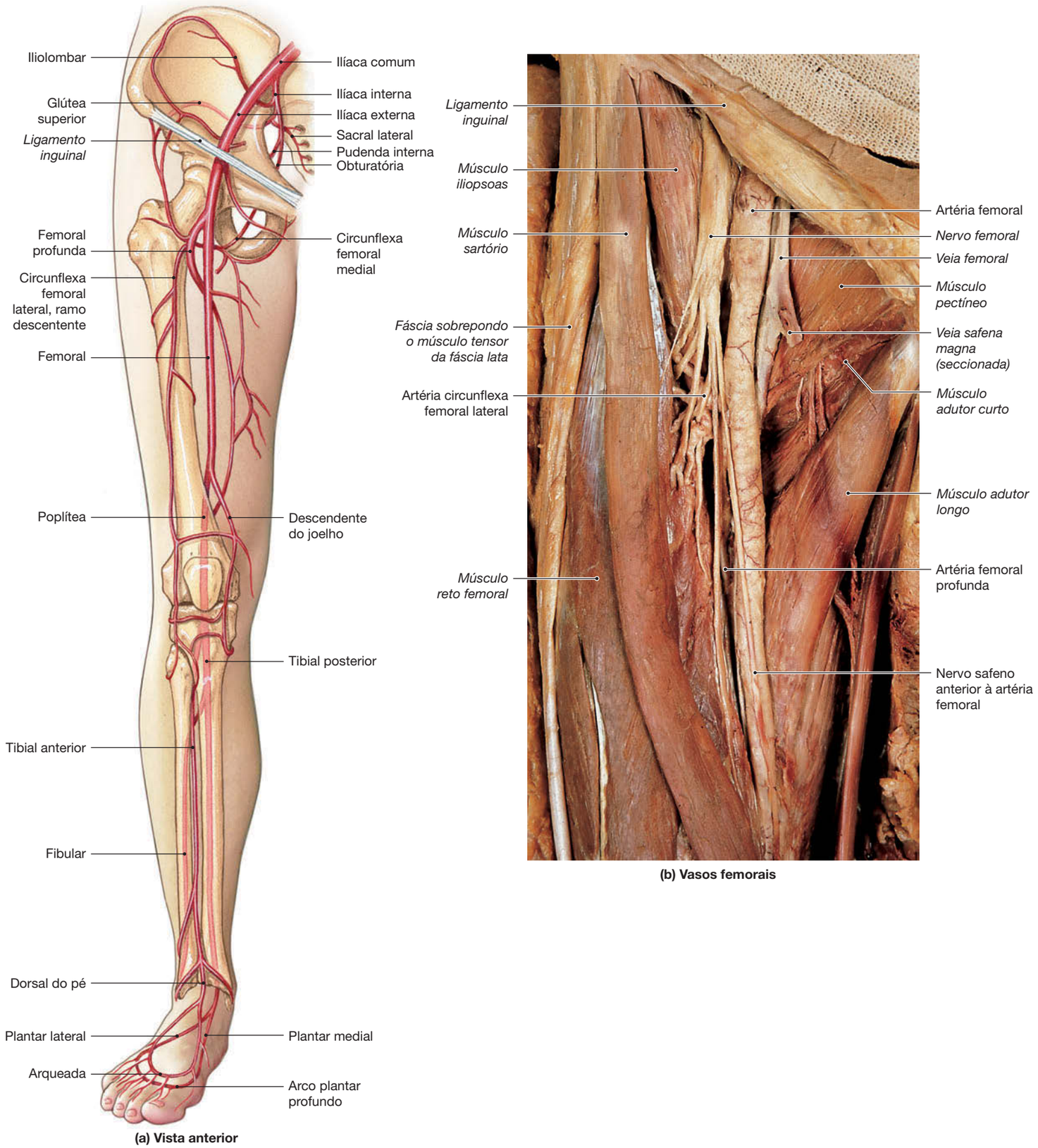


Figura 22.18 **Principais artérias do membro inferior, parte I.**
(a) Vista anterior das artérias que suprem o membro inferior direito. **(b)** Principais artérias da coxa direita.

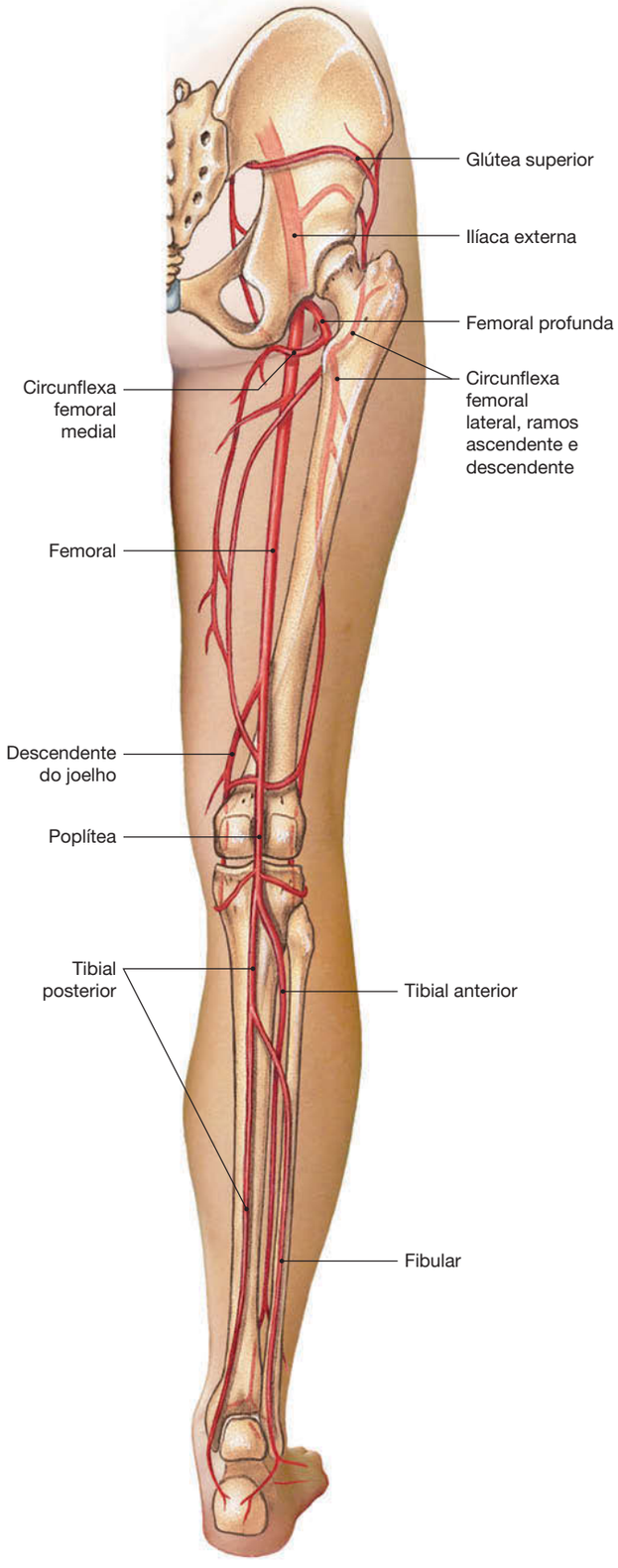
Veias sistêmicas [Figuras 22.10/22.21]

As veias coletam sangue dos órgãos e tecidos do corpo em uma rede venosa elaborada que drena para o átrio direito do coração através da *veia cava superior* e da *veia cava inferior* (**Figura 22.21**). Uma comparação entre as **Figuras 22.21** e **22.10** mostra que artérias e veias fazem trajeto lado a lado e, em muitos casos, são homônimas. Por exemplo: a artéria axilar faz trajeto ao lado da veia axilar. Além disso, artérias e veias freqüentemente acompanham nervos periféricos que também apresentam os mesmos nomes e inervam as mesmas estruturas. pág. 373

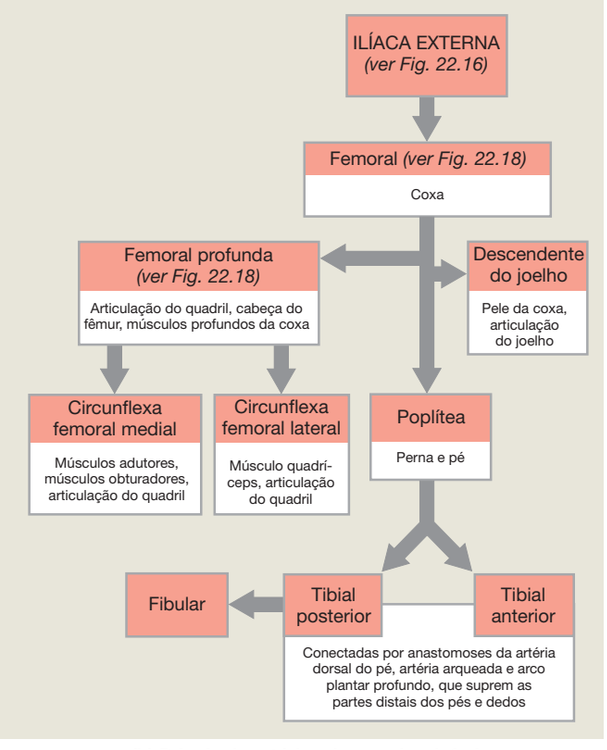
Uma diferença significativa entre os sistemas arterial e venoso diz respeito à distribuição das principais veias no pescoço e nos membros. Nestas regiões, as artérias não são encontradas na superfície do corpo, mas são profundas, protegidas por ossos e tecidos moles circundantes. Ao contrário, o pescoço e os membros apresentam dois conjuntos de veias periféricas, um superficial e outro profundo. As veias superficiais são tão próximas da superfície que podem ser facilmente visualizadas. Por estarem assim tão próximas da superfície, oferecem fácil acesso para obtenção de amostras de sangue, e a maioria dos exames de sangue é feita com sangue venoso coletado de veias superficiais do membro superior (geralmente na superfície da região cubital anterior).

Esta drenagem venosa dupla (superficial e profunda) desempenha importante função no controle da temperatura do corpo. Quando a temperatura corporal cai, o suprimento sangüíneo arterial para a pele é reduzido e a circulação nas veias superficiais diminui. O sangue entra nos membros e retorna ao tronco pelas veias profundas. Quando a temperatura corporal sobe, o suprimento sangüíneo à pele aumenta e as veias superficiais se dilatam. Esse mecanismo é uma razão pela qual as veias superficiais dos membros superiores e inferiores tornam-se proeminentes durante períodos de exercícios pesados ou quando estamos em uma sauna, uma banheira de água quente ou um banho de vapor.

O padrão de ramificação das veias periféricas é muito mais variável em relação ao das artérias. O trajeto das vias arteriais geralmente é direto



(a) Vista posterior



(b) Principais artérias do membro inferior

Figura 22.19 Principais artérias do membro inferior, parte II.
(a) Vista posterior das artérias que suprem o membro inferior direito. **(b)** Um resumo das principais artérias do membro inferior.

porque o desenvolvimento das artérias é orientado em direção aos tecidos ativos. À medida que o sangue atinge o sistema venoso, as pressões são baixas e as variações de trajeto não implicam diferenças funcionais significativas. A discussão que se segue baseia-se na disposição mais comum das veias.

A veia cava superior [Figuras 22.21/22.24a] Todas as veias sistêmicas (com exceção das veias cardíacas que drenam para o seio coronário) drenam para a *veia cava superior* e *veia cava inferior.* A **veia cava superior (VCS)** recebe sangue dos tecidos e órgãos da cabeça, pescoço, tórax, ombros e membros superiores (Figuras 22.21 e 22.24a).

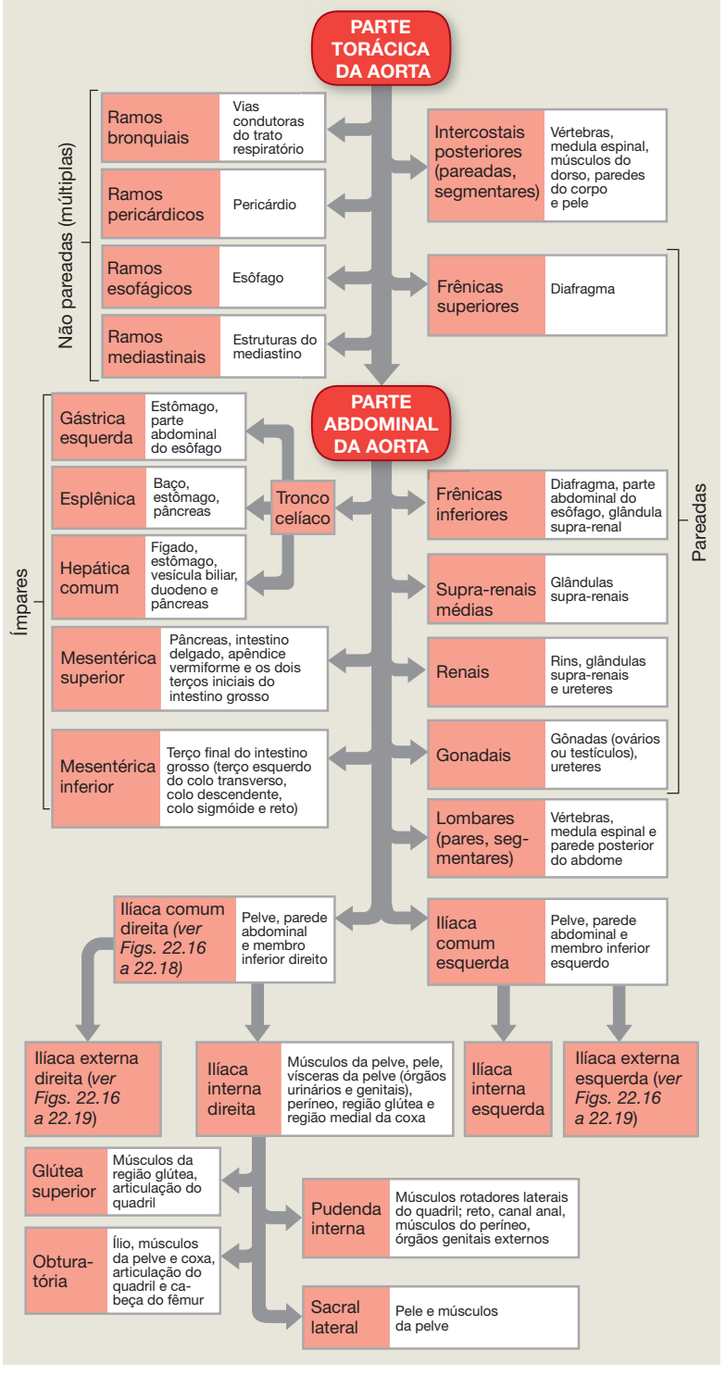


Figura 22.20 Um resumo do sistema arterial.
A distribuição do sangue a partir da aorta.

Retorno venoso do crânio [Figura 22.22] Numerosas *veias cerebrais superficiais* e *veias cerebrais profundas* drenam os hemisférios cerebrais. As **veias cerebrais superficiais** esvaziam-se em uma rede de seios da duramáter, incluindo os *seios sagitais superior* e *inferior,* os *seios petrososuperior e inferior,* o *seio occipital,* os *seios transversos direito* e *esquerdo* e o *seio reto* (Figura 22.22). O maior deles, o **seio sagital superior**, está localizado na foice do cérebro. pág. 391 A maioria das **veias cerebrais internas** coleta sangue no interior do cérebro para formar a **veia cerebral magna**, que drena o sangue dos hemisférios cerebrais e plexo corióideo para o **seio reto**. Outras veias cerebrais, juntamente com numerosas pequenas veias da órbita, drenam para o **seio cavernoso**. O sangue dos seios cavernosos passa pelos **seios petrosos superior** e **inferior** para atingir a veia jugular interna.

Os seios venosos convergem no interior da dura-máter*, na região da sutura lambdóidea. Os seios transversos direito e esquerdo originam-se na **confluência dos seios** e próximo à parte petrosa do osso temporal, cada um deles drenando para um **seio sigmóideo**, o qual penetra o forame jugular e deixa o crânio como **veia jugular interna** (bilateral). A veia jugular interna segue em direção inferior, lateralmente à artéria carótida comum.

As **veias vertebrais** drenam a parte cervical da medula espinal e a superfície posterior do crânio. Estes vasos descem no interior dos forames transversários das vértebras cervicais, acompanhando as artérias vertebrais. As veias vertebrais esvaziam-se nas *veias braquiocefálicas* do tórax.

Veias superficiais da cabeça e do pescoço [Figura 22.22] As veias superficiais da cabeça convergem para formar as **veias temporal superficial**, **facial** e **maxilar**** (Figura 22.22). As veias temporal superficial e maxilar drenam para a **veia jugular externa**. A veia facial drena para a veia jugular interna; uma anastomose de grande calibre, entre as veias jugulares interna e externa no nível do ângulo da mandíbula, oferece dupla drenagem venosa da face, do couro cabeludo e do crânio. A veia jugular externa continua seu trajeto em direção inferior, superficialmente ao músculo esternocleidomastóideo. Superiormente à clavícula, a veia jugular externa esvazia-se na *veia subclávia.* Em indivíduos saudáveis, a veia jugular externa é facilmente palpável e o *pulso venoso jugular (PVJ)* pode ser visto algumas vezes na base do pescoço.

Retorno venoso do membro superior [Figura 22.23] As **veias digitais** palmares esvaziam-se no **arco venoso palmar superficial***** (Figura 22.23). A rede venosa dorsal da mão esvazia-se na **veia cefálica**, que ascende ao longo da superfície radial do antebraço, na **veia intermédia do antebraço** e na **veia basílica**, a qual ascende ao longo da superfície ulnar do antebraço. Na fossa cubital está localizada a **veia intermédia do cotovelo**, que liga as veias cefálica e basílica. Amostras de sangue venoso são tipicamente coletadas a partir da veia intermédia do cotovelo.

A partir da fossa cubital, a veia basílica passa superiormente ao longo da superfície medial do músculo bíceps braquial. Ao se aproximar da axila, a veia basílica une-se à veia braquial para formar a **veia axilar** (Figura 22.23).

Os arcos venosos palmares superficial e profundo drenam para a **veia radial** e para a **veia ulnar**. Após cruzar o cotovelo, essas veias unem-se com *a veia interóssea anterior* para formar a **veia braquial**. A veia braquial faz trajeto paralelo ao da artéria braquial. Ao seguir em direção ao tronco, a veia braquial une-se à veia basílica antes de entrar na axila como veia axilar.

* N. de R.T. Os seios sagital superior, reto e occipital convergem para formar a confluência dos seios.

** N. de R.T. A veia maxilar origina-se no plexo pterigóideo, que drena regiões profundas da cabeça e une-se à veia temporal superficial para formar a veia retromandibular.

*** N. de R.T. As veias digitais são tributárias do arco venoso palmar superficial, e as veias metacarpais palmares drenam para o arco venoso palmar profundo.

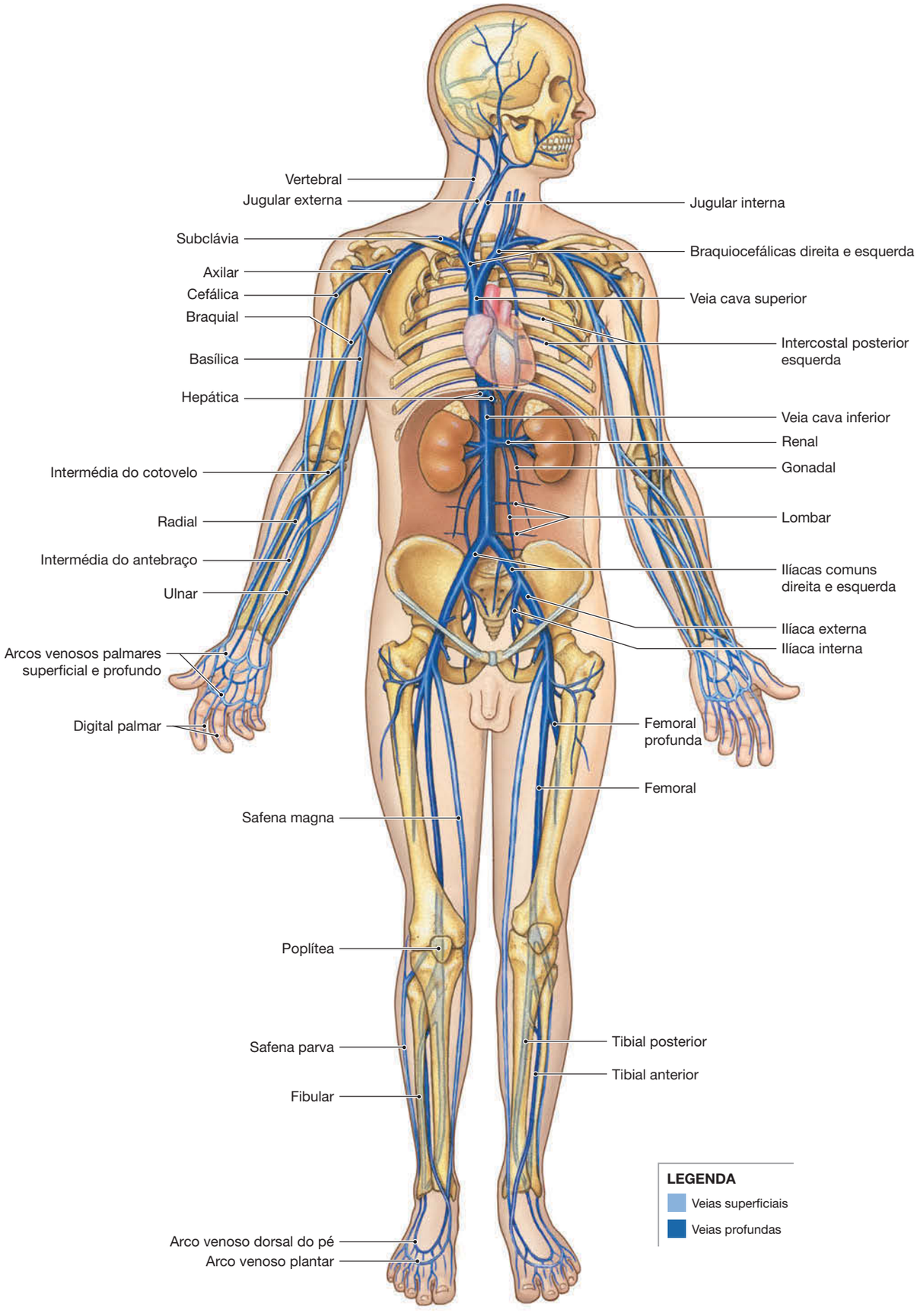
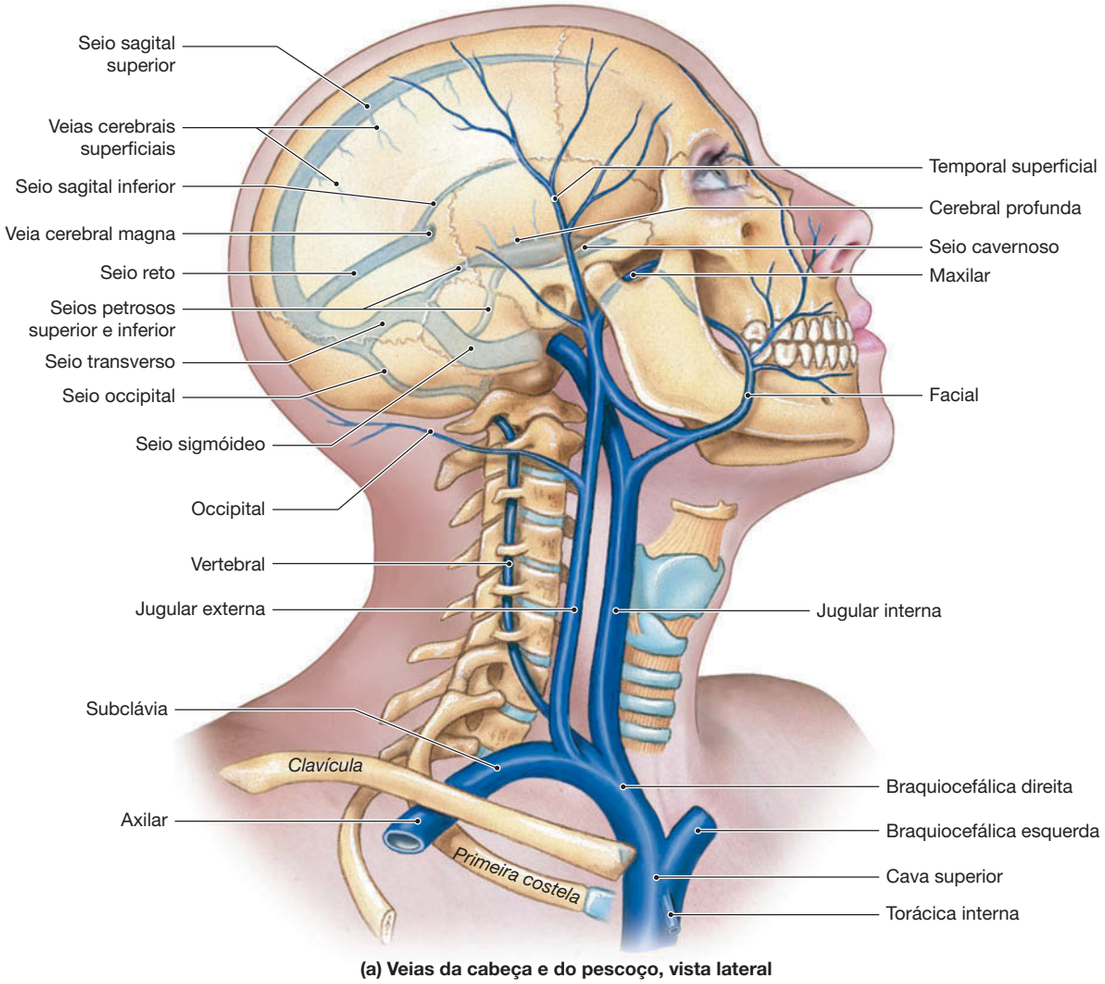
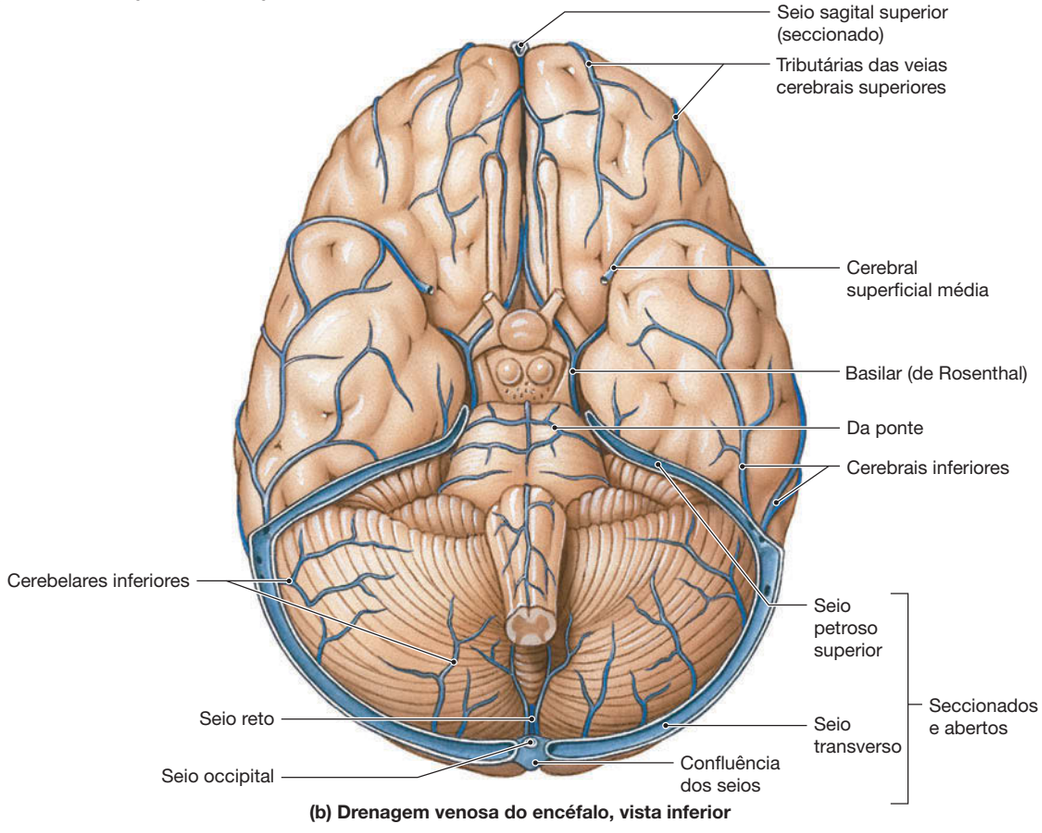


Figura 22.21 **Visão geral da circulação venosa sistêmica.**



(a) Veias da cabeça e do pescoço, vista lateral



(b) Drenagem venosa do encéfalo, vista inferior

Figura 22.22 Principais veias da cabeça e do pescoço.
(a) Vista oblíqua lateral da cabeça e do pescoço, mostrando as principais veias superficiais e profundas. **(b)** Vista inferior do encéfalo, mostrando as principais veias. Compare com o suprimento arterial mostrado na *Figura 22.15a*.

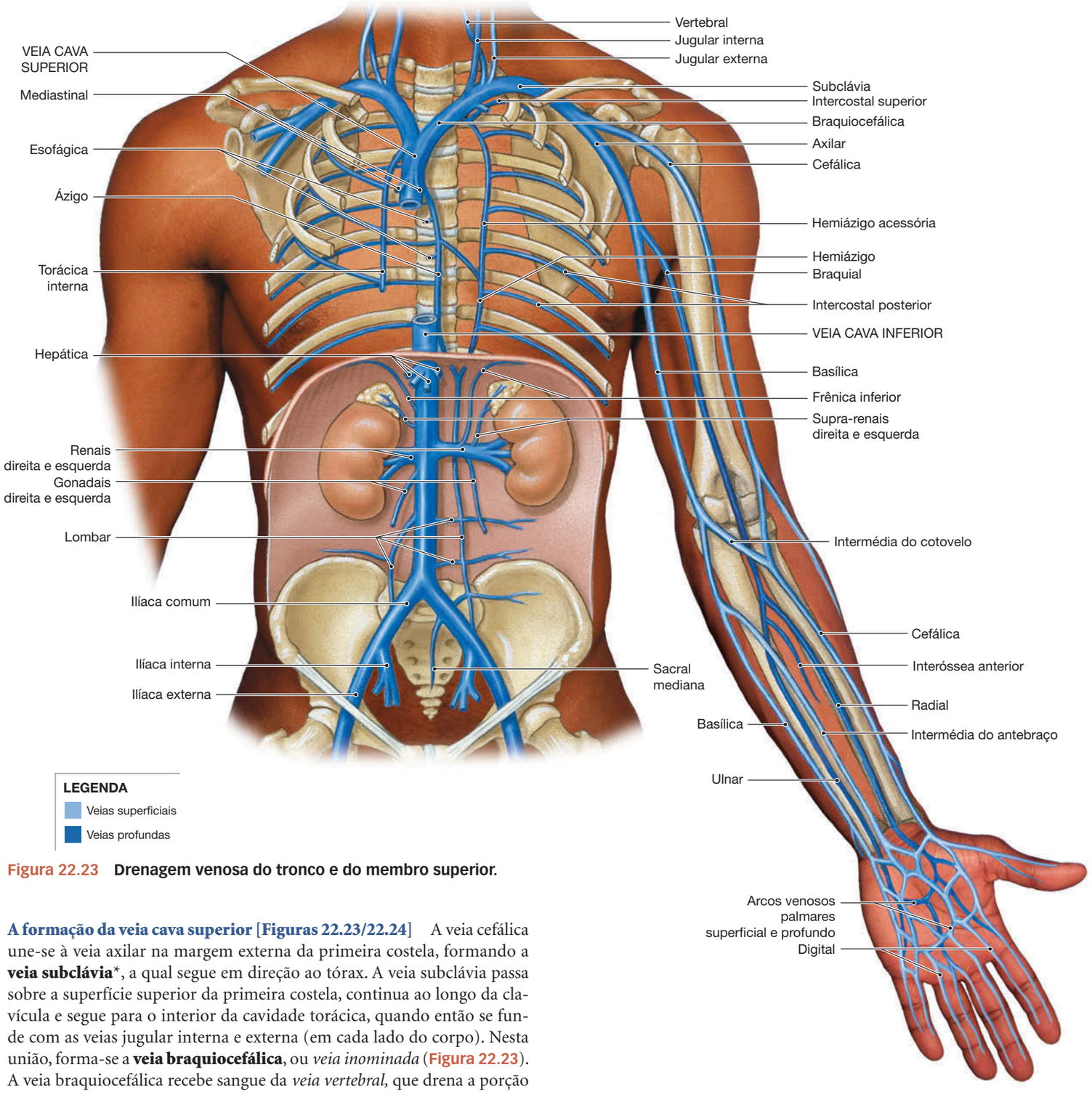
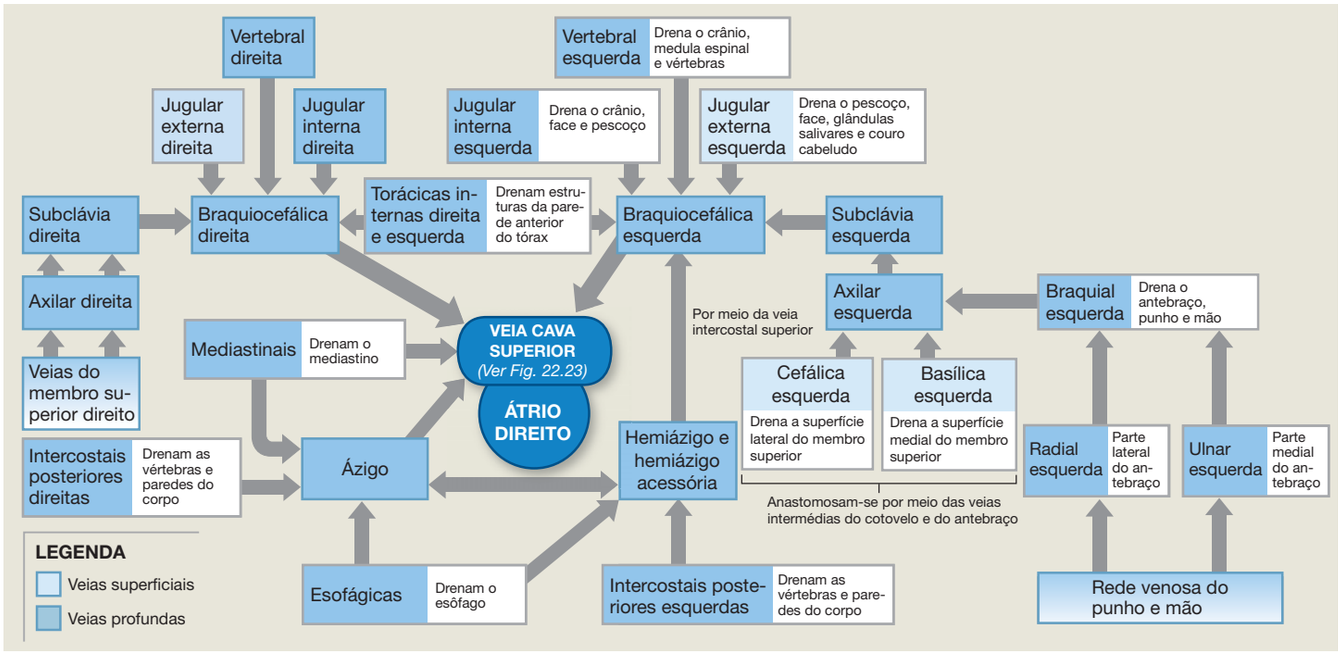


Figura 22.23 **Drenagem venosa do tronco e do membro superior.**

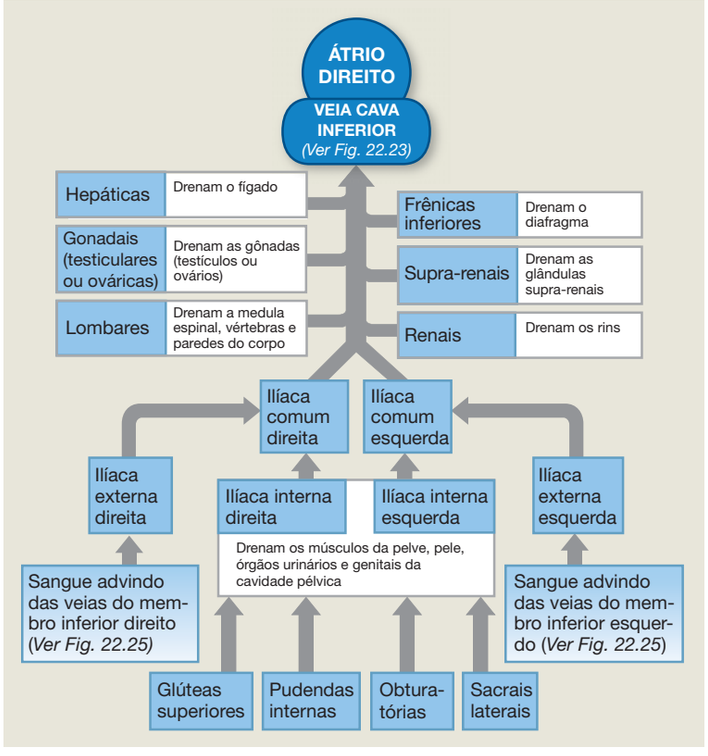
A formação da veia cava superior [Figuras 22.23/22.24] A veia cefálica une-se à veia axilar na margem externa da primeira costela, formando a **veia subclávia***, a qual segue em direção ao tórax. A veia subclávia passa sobre a superfície superior da primeira costela, continua ao longo da clavícula e segue para o interior da cavidade torácica, quando então se funde com as veias jugular interna e externa (em cada lado do corpo). Nesta união, forma-se a **veia braquiocefálica**, ou *veia inominada* (Figura 22.23). A veia braquiocefálica recebe sangue da *veia vertebral,* que drena a porção posterior do crânio e a medula espinal. No nível da primeira e da segunda costela, as veias braquiocefálicas direita e esquerda unem-se para formar a **veia cava superior (VCS)**. Próximo ao ponto de união, a **veia torácica interna** esvazia-se na veia braquiocefálica esquerda. A Figura 22.24a mostra resumidamente as veias tributárias da veia cava superior.

A **veia ázigo** é a principal tributária da veia cava superior. Este vaso ascende a partir da região lombar pelo lado direito da coluna vertebral para invadir a cavidade torácica atravessando o diafragma. A veia ázigo une-se à veia cava superior no nível da vértebra T II e recebe sangue da **veia hemiázigo**, de menor calibre. A veia hemiázigo pode também drenar para a **veia intercostal superior esquerda**, uma tributária da veia braquiocefálica esquerda, por meio de uma pequena **veia hemiázigo acessória**. As veias ázigo e hemiázigo são os principais vasos coletores do tórax e recebem sangue de (1) numerosas **veias intercostais posteriores**, as quais por sua vez recebem sangue dos músculos do tórax; (2) **veias esofágicas** que drenam o esôfago e (3) veias menores que drenam outras estruturas no mediastino.

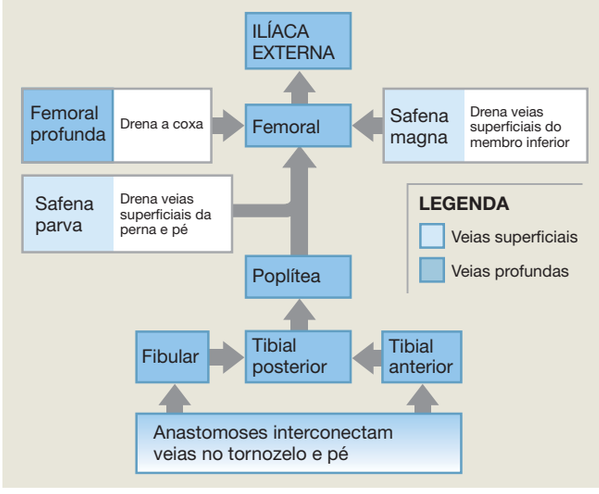
* N. de R.T. A veia cefálica desemboca na veia axilar e esta é contínua com a veia subclávia a partir da margem externa da primeira costela.



(a) Tributárias da veia cava superior



(b) Tributárias da veia cava inferior



(c) Resumo das veias dos membros inferiores

Figura 22.24 **Fluxograma resumindo o sistema venoso.**

A veia cava inferior A **veia cava inferior (VCI)** coleta a maior parte do sangue venoso advindo dos órgãos localizados inferiormente ao diafragma (uma pequena quantidade chega à veia cava superior, pelas veias ázigo e hemiázigo). A Figura 22.24b,c resume as veias tributárias da veia cava inferior.

O retorno venoso do membro inferior [Figuras 22.24c/22.25] O sangue que deixa os capilares das plantas dos pés é drenado para uma rede de **veias plantares**. O **arco venoso plantar** conduz sangue para as veias profundas da perna: a **veia tibial anterior**, a **veia tibial posterior**, a **veia fibular** ou *veia peroneal* (Figuras 22.24c e 22.25a). O **arco venoso dorsal do pé** coleta sangue dos capilares na superfície dorsal do pé e das *veias digitais dorsais*. Existem extensas interconexões entre os arcos venosos plantar e dorsal, e o fluxo de sangue pode desviar facilmente das veias superficiais para as profundas.

O arco venoso dorsal do pé é drenado por duas veias superficiais, a **veia safena magna** e a **veia safena parva** (*saphenes,* proeminente). A veia safena magna é utilizada nas cirurgias de revascularização do miocárdio, para substituir as artérias coronárias e/ou ramos obstruídos. É a veia mais longa

do corpo, ascendendo ao longo da face medial da perna e coxa e drenando para a *veia femoral*, nas proximidades da articulação do quadril. A veia safena parva origina-se no arco venoso dorsal do pé e ascende ao longo da região posterior e lateral da perna; penetra então na fossa poplítea, onde desemboca na **veia poplítea**, formada pela união das veias tibiais anterior e posterior e fibular. A veia poplítea pode ser facilmente palpada na fossa poplítea, na região adjacente ao músculo adutor magno (Figura 22.25b). Ao penetrar no canal dos adutores, a veia poplítea torna-se **veia femoral**, que ascende ao longo da coxa, acompanhando a artéria femoral. Imediatamente antes de penetrar sob o ligamento inguinal na parede abdominal, a veia femoral recebe sangue da (1) veia safena magna, (2) **veia femoral profunda**, que coleta sangue das estruturas profundas da coxa e (3) **veias circunflexas femorais lateral** e **medial**, que drenam a área em torno da cabeça e do colo do fêmur. A grande veia que resulta desta confluência cruza abaixo da parede do corpo e emerge na cavidade pélvica como **veia ilíaca externa**.

Veias que drenam a pelve [Figuras 22.23/22.25] As veias ilíacas externas recebem sangue dos membros inferiores, da pelve e da parte inferior da parede abdominal anterior. Ao percorrer seu trajeto na superfície interna do ílio, cada veia ilíaca externa se une à **veia ilíaca interna,** que drena

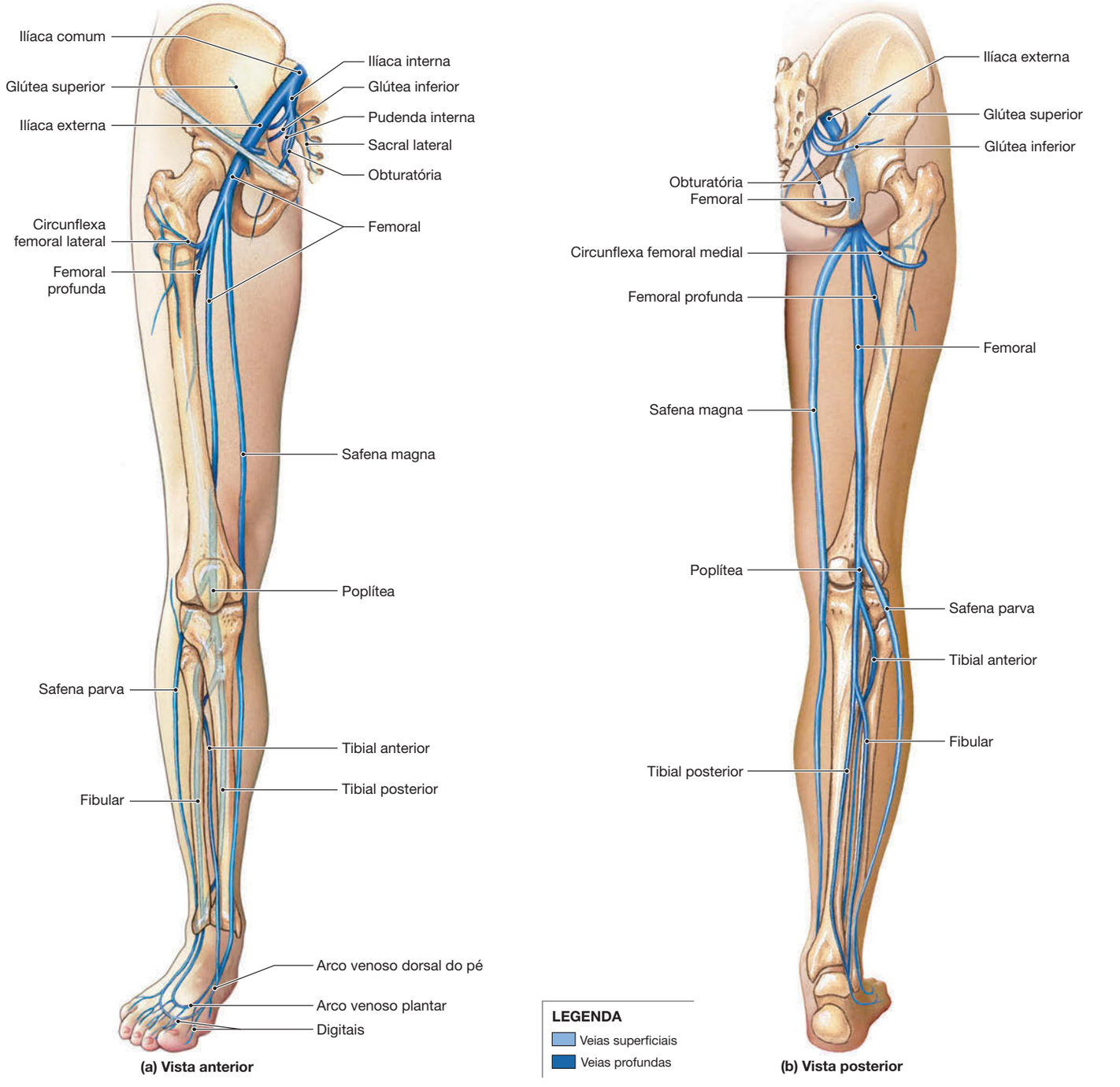


Figura 22.25 Drenagem venosa do membro inferior direito.
(a) Vista anterior mostrando as veias do membro inferior. **(b)** Vista posterior mostrando as veias do membro inferior direito.

os órgãos da pelve do mesmo lado. As veias ilíacas internas são formadas pela fusão das **veias glúteas superior** e **inferior**, **pudenda interna**, **obturatória** e **sacral lateral** (Figura 22.25). A união das veias ilíaca interna e ilíaca externa forma a **veia ilíaca comum.** A **veia sacral mediana**, que drena a região suprida pela artéria sacral mediana, geralmente esvazia-se na veia ilíaca comum esquerda (Figura 22.23). As veias ilíacas comuns direita e esquerda ascendem em ângulo oblíquo e se unem para formar a veia cava inferior, anteriormente à vértebra L V.

Veias que drenam o abdome [Figuras 22.23/22.24] A parede abdominal, as gônadas, o fígado, os rins, as glândulas supra-renais e o diafragma são drenados pela veia cava inferior. As vísceras da cavidade abdominal são drenadas pela veia porta do fígado, que será discutida individualmente. A veia cava inferior ascende posteriormente à cavidade peritoneal e paralelamente à aorta. O sangue da veia cava inferior flui para o átrio direito, onde se mistura ao sangue venoso da veia cava superior. Este sangue então entra no ventrículo direito e é bombeado para a circulação pulmonar para oxigenação nos pulmões. A veia cava inferior coleta sangue de seis principais veias (Figuras 22.23 e 22.24).

1. As **veias lombares** drenam a parede posterior do abdome. Ramos superiores dessas veias conectam-se à veia ázigo (lado direito) e veia hemiázigo (lado esquerdo), que se esvaziam na veia cava superior.
2. As **veias gonadais** (*ováricas* ou *testiculares*) drenam os ovários ou os testículos. A veia gonadal direita esvazia-se na veia cava inferior; a veia gonadal esquerda geralmente drena na veia renal esquerda.
3. As **veias hepáticas** deixam o fígado e se esvaziam na veia cava inferior no nível da vértebra T X.
4. As **veias renais** coletam sangue dos rins. São as maiores tributárias da veia cava inferior.
5. As **veias supra-renais** drenam as glândulas supra-renais. Geralmente, apenas a veia supra-renal direita drena para a veia cava inferior, enquanto a esquerda drena para a veia renal esquerda.
6. As **veias frênicas inferiores** drenam o diafragma. Somente a veia frênica inferior direita drena para a veia cava inferior. A esquerda drena para a veia renal esquerda.

O sistema porta do fígado [Figura 22.26] O fígado é o único órgão do sistema digestório drenado pela veia cava inferior. Ao invés de apresentar um trajeto direto para a veia cava inferior, o sangue venoso que deixa os leitos capilares supridos pelos ramos do tronco celíaco e pelas artérias mesentéricas superior e inferior flui para as veias do **sistema porta do fígado**. Conforme descrito no Capítulo 19, um vaso sangüíneo ligado a dois leitos capilares é denominado *vaso portal* e a rede é denominada *sistema porta.* ∞ pág. 512 No sistema porta do fígado, o sangue venoso que absorve nutrientes do intestino delgado, de partes do intestino grosso, do estômago e do pâncreas flui diretamente para o fígado para processamento e armazenamento.

Assim sendo, a composição do sangue que flui no sistema porta do fígado é bastante diferente em relação à composição do sangue que flui em outras veias sistêmicas. Por exemplo, os níveis de glicose e aminoácidos no sangue da veia porta do fígado freqüentemente excedem aqueles encontrados em qualquer outra região do sistema circulatório. Além disso, ao mesmo tempo em que este sangue pobre em oxigênio e rico em nutrientes chega ao fígado a partir dos órgãos digestórios, o fígado também recebe sangue rico em oxigênio e pobre em nutrientes da circulação sistêmica, a partir da artéria hepática própria. Isso significa que o fígado recebe um tipo de sangue "misto" em relação à sua constituição de oxigênio e nutrientes.

O fígado regula a concentração de nutrientes como glicose ou aminoácidos no sangue circulante. Durante a digestão, o estômago e os intestinos absorvem elevadas concentrações de nutrientes, assim como vários tipos de resíduos e toxinas. O sistema porta do fígado conduz estes compostos diretamente ao fígado para armazenamento, conversão metabólica ou excreção pelas células hepáticas. Após passar através dos sinusóides hepáticos, o sangue é coletado pelas veias hepáticas que se esvaziam na veia cava inferior (Figura 22.26). Como o sangue passa primeiro pelo fígado, a composição do sangue na circulação sistêmica permanece relativamente estável, independente das atividades digestivas em andamento.

O sistema porta inicia-se nos capilares dos órgãos digestórios e termina quando a veia porta do fígado esvazia-se nos sinusóides do fígado. As tributárias da veia porta do fígado incluem as seguintes veias:

- A **veia mesentérica inferior** coleta sangue de capilares ao longo da parte inferior do intestino grosso. Suas tributárias incluem as **veias cólica esquerda** e **retal superior**, que drenam o colo descendente, o colo sigmóide e o reto.
- A **veia esplênica*** é formada pela união da veia mesentérica inferior e de veias que se originam do baço, da curvatura maior do estômago (*veia gastromental esquerda*) e do pâncreas (*veias pancreáticas*).
- A **veia mesentérica superior** coleta sangue de veias que drenam o estômago (*veia gastromental direita*), o intestino delgado (*veias jejunais e ileais e veia pancreaticoduodenal*) e dois terços do intestino grosso (*veia ileocólica, veia cólica direita* e *veia cólica média*).

A veia porta do fígado é formada pela fusão da veia mesentérica superior e veia esplênica. Dessas duas, a primeira normalmente contribui com o maior volume de sangue e a maioria dos nutrientes. Ao prosseguir em direção ao fígado, a veia porta do fígado recebe sangue das **veias gástricas direita** e **esquerda**, que drenam a curvatura menor do estômago, e também das **veias císticas**, que drenam a vesícula biliar.

REVISÃO DOS CONCEITOS

1. Diana sofre um rompimento do tronco celíaco em função de um acidente automobilístico. Que órgãos seriam mais diretamente afetados por esta lesão?
2. Em um dia extremamente quente, a uma temperatura de 43ºC, que modificações você esperaria observar em suas veias e por quê?
3. Quais são as principais veias que recebem o sangue da cabeça, do pescoço, do tórax, dos ombros e dos membros superiores?
4. Ao deixar os intestinos, o sangue passa primeiramente pelo fígado. Por quê?

Veja a seção de Respostas na parte final do livro.

Alterações circulatórias ao nascimento [Figura 22.27]

Existem diferenças significativas no sistema circulatório do feto em relação ao do adulto que refletem as fontes diferentes de suprimento de oxigênio e nutrientes. Os pulmões do embrião são colabados e não funcionais, assim como o trato digestório. Todas as necessidades nutricionais e respiratórias do feto são atendidas por difusão através da *placenta*, um órgão complexo que regula as trocas entre as correntes sangüíneas da mãe e do feto. (A estrutura da placenta será discutida no Capítulo 28.) Duas **artérias umbilicais** deixam as artérias ilíacas internas do feto, entram no cordão umbilical e conduzem sangue do feto para a placenta. O sangue retorna da placenta pela **veia umbilical** trazendo oxigênio e

* N. de R.T. As veias mesentérica inferior, gastromental esquerda e pancreáticas são tributárias da veia esplênica.

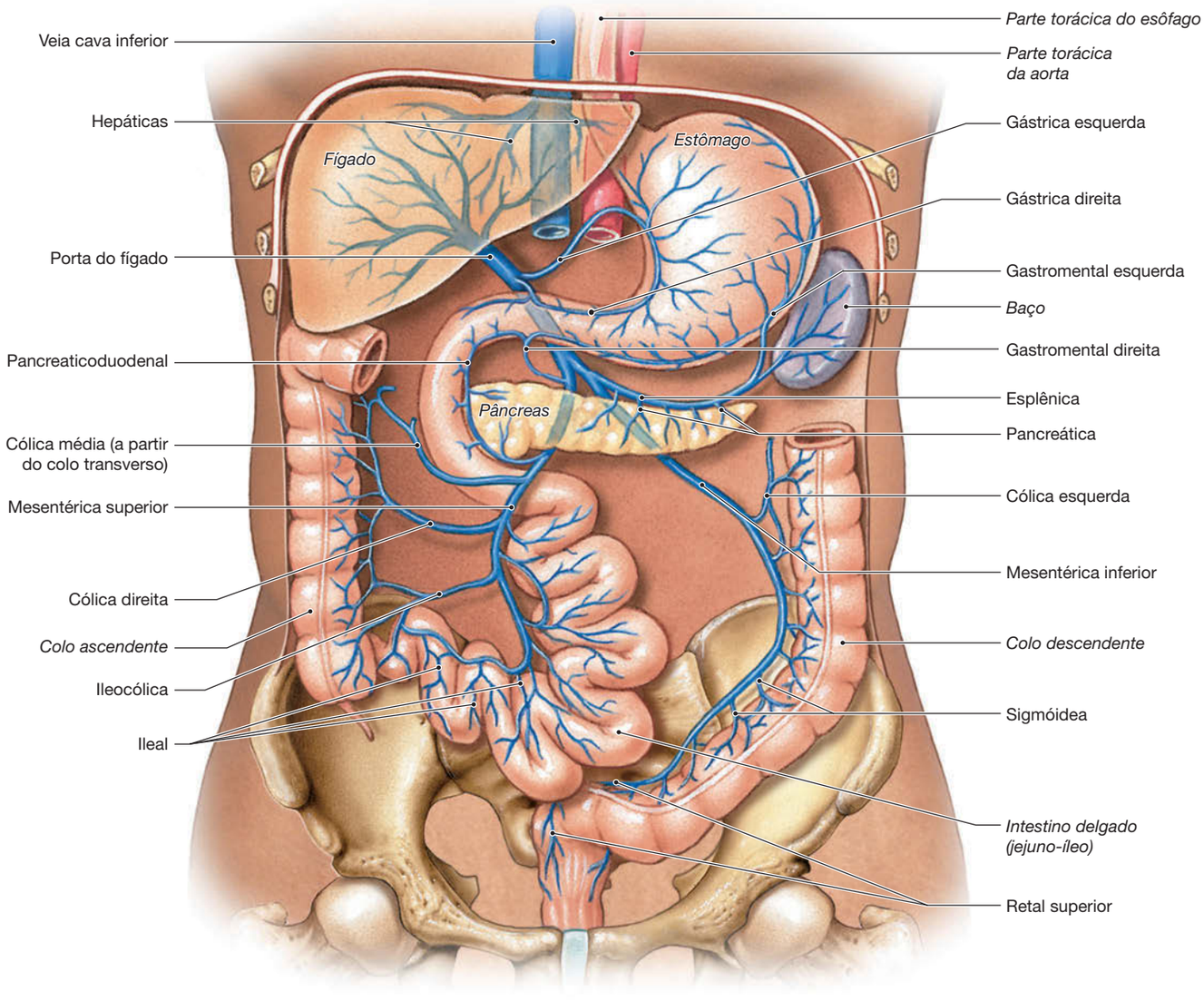


Figura 22.26 **O sistema porta do fígado.**

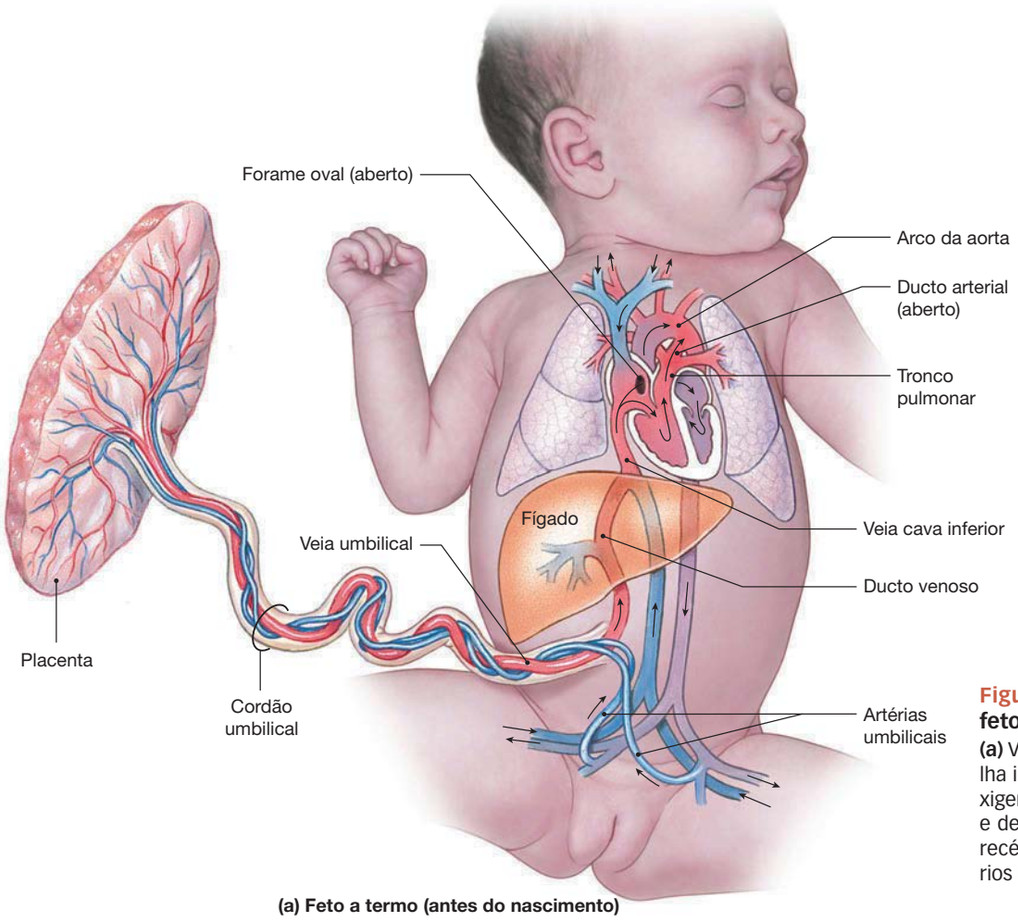
nutrientes para o feto em desenvolvimento. A veia umbilical drena para o **ducto venoso**, que é conectado a uma intrincada rede de veias no interior do fígado em desenvolvimento. O ducto venoso coleta sangue das veias do fígado e da veia umbilical, conduzindo esse sangue até a veia cava inferior do feto (**Figura 22.27a,c**). Ao nascimento, quando a conexão placentária é interrompida, cessa o fluxo sangüíneo nos vasos umbilicais e eles se degeneram rapidamente.

Embora o septo interatrial e o septo interventricular se desenvolvam precocemente na vida fetal, a divisão interatrial permanece funcionalmente incompleta até o momento do nascimento. Esta abertura interatrial, o *forame oval*, está associada a uma "aba" alongada que atua como uma valva. O sangue pode fluir livremente do átrio direito para o átrio esquerdo, porém o fluxo retrógrado oclui a valva e isola as duas câmaras. Assim, o sangue pode entrar no coração pelo átrio direito e desviar da circulação pulmonar. Outro desvio circulatório ocorre entre o tronco pulmonar e a aorta, uma conexão feita por um vaso muscular curto, o **ducto arterial***.

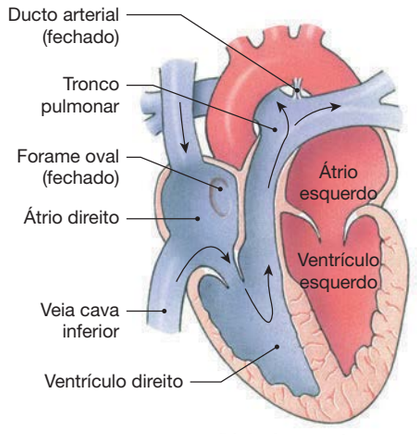
* N. de R. T. O ducto arterial conecta a parte proximal da artéria pulmonar esquerda e o arco da aorta.

Com os pulmões colabados, os capilares estão comprimidos e pouco sangue flui através dos pulmões. Durante a diástole, o sangue entra no átrio direito e vai para o ventrículo direito, porém uma parte do sangue passa para o átrio esquerdo através do forame oval. Aproximadamente 25% do sangue que chega ao átrio direito desvia da circulação pulmonar, passando diretamente para o átrio esquerdo. Além disso, 90% do sangue que deixa o ventrículo direito passa pelo ducto arterial e entra na circulação sistêmica, em vez de passar pelos pulmões.

Ao nascimento, ocorrem mudanças drásticas. Quando a criança respira pela primeira vez, os pulmões e os vasos pulmonares se expandem. A musculatura lisa do ducto arterial se contrai, isolando o tronco pulmonar da aorta e, assim, o sangue passa a fluir para a circulação pulmonar. Com o aumento da pressão no átrio esquerdo, a valva que oclui o forame oval se fecha, completando, dessa forma, a remodelagem do coração. Estas modificações estão esquematizadas e resumidas na **Figura 22.27a,b**. No adulto, o septo interatrial apresenta uma depressão rasa, a *fossa oval,* que marca o local onde originalmente estava localizado o forame oval. O remanescente do ducto arterial persiste como um cordão fibroso, o **ligamento arterial**. pág. 556

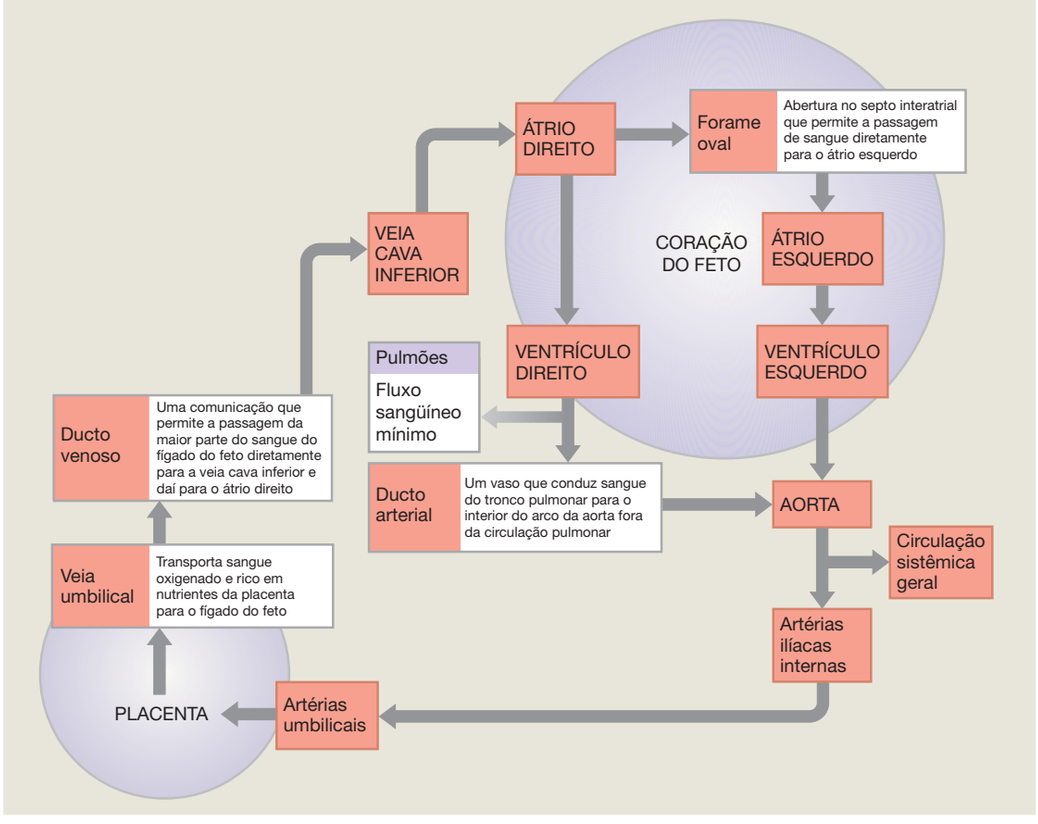


(a) Feto a termo (antes do nascimento)



(b) Após o parto

Figura 22.27 Modificações da circulação do feto ao nascimento.
(a) Vias circulatórias em um feto a termo. A cor vermelha indica sangue oxigenado, azul indica sangue desoxigenado e violeta indica mistura de sangue oxigenado e desoxigenado. **(b)** Fluxo sangüíneo pelo coração do recém-nascido. **(c)** Fluxograma dos padrões circulatórios no feto e no recém-nascido.



(c) Padrão circulatório do feto

Nota clínica

Problemas cardíacos congênitos São relativamente raros os problemas cardíacos congênitos que representam ameaça à homeostase. Geralmente estão relacionados à formação anômala do coração ou de suas interconexões aos grandes vasos. Vários exemplos de defeitos cardíacos congênitos estão representados na **Figura 22.28**. A maioria destas condições pode ser corrigida cirurgicamente, embora várias intervenções cirúrgicas possam ser necessárias e a esperança de vida seja menor nos defeitos mais graves.

O fechamento incompleto do forame oval ou do ducto arterial (**Figura 22.28a**) resulta na recirculação do sangue pela circulação pulmonar. A pressão na circulação pulmonar se eleva, causando edema pulmonar e um aumento de tamanho do coração, o que pode levar à insuficiência cardíaca.

Defeitos do septo interventricular (**Figura 22.26b**) são os problemas cardíacos congênitos mais comuns, atingindo 0,12% dos recém-nascidos. A abertura entre os ventrículos direito e esquerdo tem um efeito semelhante ao da conexão interatrial: na sístole ventricular, o ventrículo esquerdo, mais poderoso, ejeta sangue para o ventrículo direito e para a circulação pulmonar, o que pode resultar em hipertensão pulmonar, edema pulmonar e aumento do tamanho do coração.

A *tetralogia de Fallot* (**Figura 22.28c**) é um grupo complexo de defeitos cardíacos e vasculares que atinge 0,10% dos recém-nascidos. Nesta condição, (1) o tronco pulmonar é estenosado, (2) o septo interventricular é incompleto, (3) a aorta se origina onde o septo interventricular normalmente termina e (4) o ventrículo direito está aumentado. Como a oxigenação do sangue não ocorre de modo normal, o sangue circulante apresenta uma coloração vermelha escura e, conseqüentemente, a pele desenvolve coloração azulada, típica de cianose, uma condição observada no Capítulo 4. A denominação "bebê azul" é utilizada para descrever as crianças afetadas.

Na *transposição dos grandes vasos* (**Figura 22.28e**), a aorta encontra-se ligada ao ventrículo direito, e o tronco pulmonar, ao ventrículo esquerdo. Esta má-formação afeta 0,05% dos recém-nascidos.

No *defeito do septo atrioventricular* (**Figura 22.28e**), os átrios e ventrículos não estão completamente separados. Os resultados são bastante variados, dependendo da extensão da anomalia e de seus efeitos nas valvas atrioventriculares. Este tipo de má-formação ocorre mais freqüentemente em crianças com *síndrome de Down*, uma alteração causada pela presença de uma cópia extra do cromossomo 21.

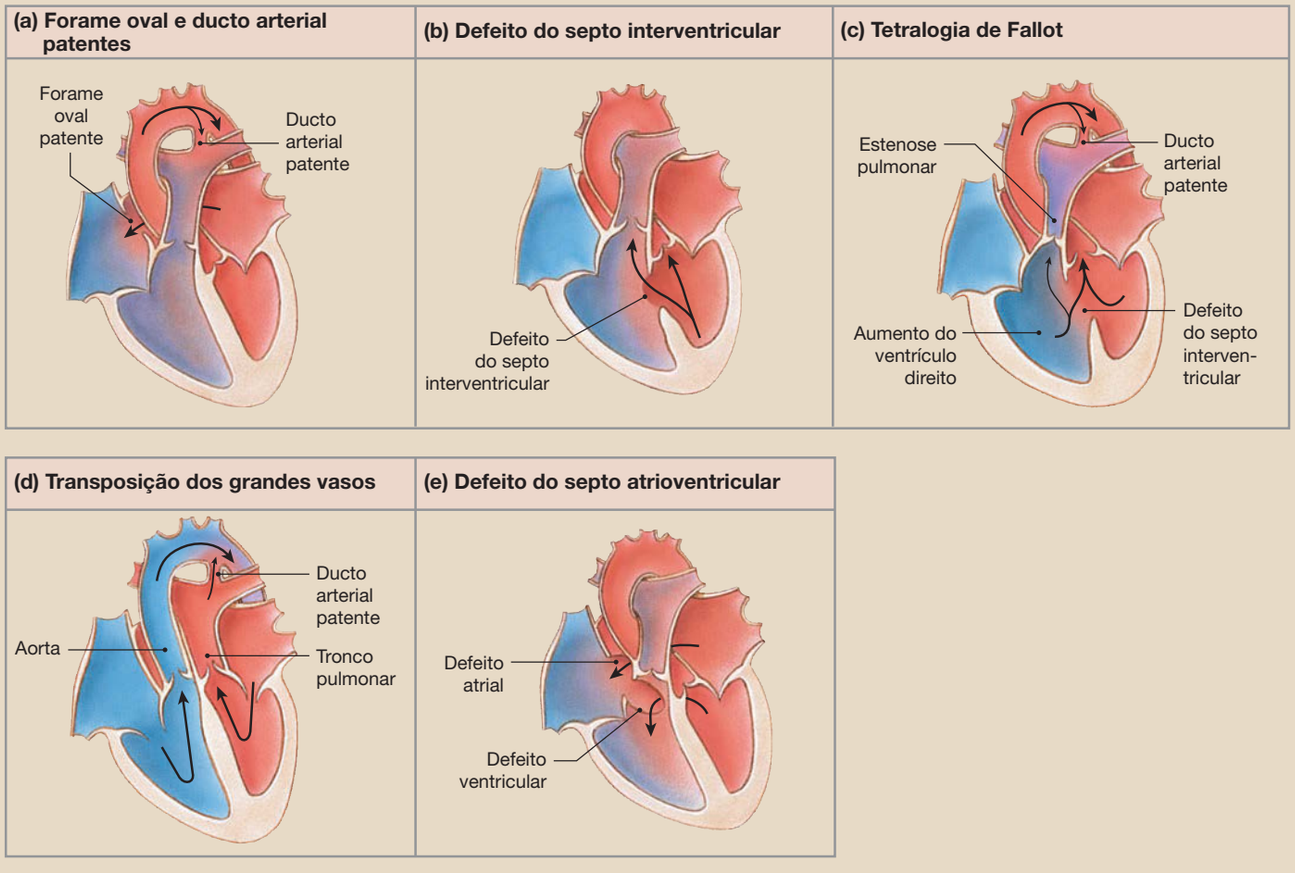


Figura 22.28 Problemas cardíacos congênitos.
Diagramas mostrando algumas alterações comuns do desenvolvimento afetando o coração e os grandes vasos.

Se as modificações circulatórias adequadas não ocorrem ao nascimento ou logo após o nascimento, podem acabar trazendo problemas. A gravidade desses problemas varia, dependendo da conexão que permanece aberta e das dimensões desta abertura. O tratamento pode envolver fechamento cirúrgico do forame oval, do ducto arterial, ou de ambos. Outras formas de defeitos cardíacos congênitos decorrem de desenvolvimento cardíaco anômalo ou conexões inadequadas entre o coração e as principais artérias e veias.

Envelhecimento e sistema circulatório

As capacidades do sistema circulatório diminuem gradativamente com a idade. As principais alterações são resumidas a seguir, na mesma seqüência dos capítulos: sangue, coração e vasos.

1. As *alterações do sangue relacionadas ao envelhecimento* podem incluir (1) diminuição do hematócrito; (2) bloqueio ou constrição de veias periféricas por **trombos** (coágulos sangüíneos estacionários); o trombo pode se destacar, passar pelo coração e obstruir uma pequena artéria, mais freqüentemente nos pulmões, causando **embolia pulmonar**; e (3) represamento de sangue nas veias das pernas pelo mau funcionamento das válvulas venosas.
2. As *alterações anatômicas do coração relacionadas ao envelhecimento* incluem (1) redução do débito cardíaco máximo; (2) redução na elasticidade do esqueleto fibroso; (3) aterosclerose progressiva que pode restringir a circulação coronariana; e (4) substituição de células musculares cardíacas danificadas por tecido cicatricial.
3. As *alterações dos vasos sangüíneos relacionadas ao envelhecimento* freqüentemente são devidas à arteriosclerose e incluem (1) diminuição da elasticidade das paredes de artérias, que se tornam menos complacentes a aumentos súbitos de pressão, o que pode levar à formação de **aneurismas**, causando acidentes vasculares, infartos ou hemorragias intensas dependendo dos vasos atingidos; (2) depósito de sais de cálcio em paredes vasculares enfraquecidas, aumentando o risco de acidentes vasculares ou infartos; e (3) formação de trombos em placas ateroscleróticas.

REVISÃO DOS CONCEITOS

1. Quais são as principais alterações que ocorrem no coração e nos grandes vasos ao nascimento de uma criança?
2. O que causa veias varicosas?
3. Por que a redução da elasticidade das artérias ao envelhecimento representa um risco?

Veja a seção de Respostas na parte final do livro.

Resumo de embriologia

Para um resumo do desenvolvimento do sistema circulatório, consulte o Capítulo 28 (Embriologia e Desenvolvimento Humano).

Caso clínico — O SISTEMA CIRCULATÓRIO

O CARTEIRO QUEIXOSO

Antônio tem 59 anos de idade e trabalha nos correios. Vai ao seu médico de família para um exame e relata que tem sentido períodos breves e súbitos de vertigem nos últimos 2 a 3 anos. Além desses sintomas, notou recentemente dor ocasional e parestesia no membro superior esquerdo. Atividades físicas aumentam tanto a intensidade da dor quanto a duração da parestesia.

Exame inicial

Durante o exame e discussão com o paciente, o médico observa o seguinte:

1. Além da vertigem, os sintomas incluem náusea, episódios ocasionais de perda de consciência e visão alterada.
2. A duração desses episódios é variável, de poucos segundos a vários minutos.
3. O paciente é robusto e pratica atividade física regularmente (joga tênis uma ou duas vezes por semana e corre entre 32 e 40 km por semana a uma velocidade de 13 km por minuto).
4. O paciente refere que, em 99% das vezes, carrega sua mala de cartas para entregas no ombro esquerdo.
5. A pressão arterial é de 180/95.
6. O pulso é forte; 55/minuto.
7. O paciente apresenta histórico familiar de aterosclerose.

O médico suspeita que a dor e a parestesia no braço de Antônio possam ser causadas pelo efeito a longo prazo de carregar a pesada mala postal no mesmo ombro. Assim, o médico orienta Antônio a carregar a mala apenas no ombro direito por 7 a 10 dias. Ao final deste período, Antônio deverá então alternar a mala de ombro a cada 15 minutos por mais 7 a 10 dias. Observando a pressão arterial elevada, o médico prescreve medicamento para o controle da hipertensão. O retorno é agendado para observação.

Exame de acompanhamento

Na consulta de retorno, Antônio refere que seguiu as orientações quanto ao uso da mala postal. No entanto, os sintomas persistiram e, algumas vezes, aumentaram. O médico inicia, então, um exame mais detalhado e observa o seguinte:

- A duração dos episódios relatados anteriormente tem aumentado, com duração média de 4 a 6 minutos.
- A freqüência dos episódios também aumentou, passando a ser diária.
- A dor ocasional e a parestesia no membro superior esquerdo aumentaram em intensidade e duração.
- A atividade física parece intensificar os sintomas; p. ex., o paciente relata que, na última semana, os episódios de dor e pa-

Caso clínico (*continuação*)

restesia foram de tal intensidade que impediram suas atividades físicas (tanto o jogo de tênis quanto as corridas).

- A pressão arterial medida no braço direito foi de 180/95.
- A pressão arterial medida no braço esquerdo foi de 93/70.
- O pulso tomado no punho direito foi de 55/minuto; forte.
- O pulso tomado no punho esquerdo foi de 55/minuto, com menor força.
- O pulso carotídeo tomado bilateralmente é forte e simétrico.
- Observa-se uma pulsação diminuída na fossa supraclavicular esquerda, acompanhada por um sopro sistólico.
- Quando solicitado a segurar um peso leve no braço esquerdo e levantá-lo repetidamente acima da cabeça, Antônio se queixa de dormência e formigamento no braço acompanhados de vertigem e escurecimento da visão.
- Nenhum desses sintomas ocorre com a realização de exercícios idênticos com o braço direito.

Pontos a considerar

O médico deve relacionar os diversos sintomas para chegar ao diagnóstico correto. Os sintomas, quaisquer sinais físicos e a interpretação do médico são dados importantes a serem correlacionados.

Para considerar o significado das informações apresentadas neste caso, reveja os Capítulos 20 a 23. As questões a seguir servirão como roteiro. Tente resolver cada uma, consultando o capítulo apropriado sempre que necessário.

1. Antônio está apresentando episódios de vertigem, náusea, perdas de consciência ocasionais e visão alterada. Que sistema do corpo está provavelmente envolvido com estes sintomas?
2. Qual é o suprimento vascular do sistema que seria responsável pelos episódios de vertigem, náusea, perdas de consciência ocasionais e alterações da visão relatados por Antônio?
3. O médico notou diminuição da força do pulso tomado no punho esquerdo. Existe uma diferença na distribuição dos vasos sangüíneos que suprem os punhos direito e esquerdo? Em caso positivo, qual é esta diferença anatômica? Como o achado de uma pulsação diminuída na fossa supraclavicular esquerda se relaciona a esta diferença anatômica?
4. Os pulsos carotídeos de Antônio são simétricos e fortes. Qual é o significado deste achado?

Análise e interpretação

A informação adiante responde as questões propostas na seção anterior. Para rever o material, consulte as páginas e figuras indicadas nesta discussão.

1. Os episódios de vertigem, náusea, perda de consciência e alteração da visão indicam problemas no sistema nervoso central, particularmente nas partes relacionadas à orelha interna e ao bulbo do olho. pág. 487, 500
2. O suprimento sangüíneo ao encéfalo é dado por ramos das artérias carótidas internas direita e esquerda, além de ramos das artérias vertebrais direita e esquerda. As artérias vertebrais são ramos da artéria subclávia (**Figura 22.13**, pág. 585). Uma redução no fluxo sangüíneo em qualquer um destes grandes vasos poderia resultar em uma perda temporária de consciência (desmaio).
3. O sangue é levado ao membro superior esquerdo pela artéria subclávia esquerda. Este vaso origina-se diretamente do arco da aorta. Veja a **Figura 22.12**, págs. 583-584. O suprimento sangüíneo ao membro superior direito é dado pela artéria subclávia direita, que é um ramo do tronco braquiocefálico. A artéria subclávia esquerda pode ser palpada na fossa supraclavicular esquerda. Uma pulsação diminuída nesta região indica um fluxo diminuído na artéria subclávia esquerda.
4. A presença de pulsos carotídeos bilaterais fortes indica que o problema vascular é encontrado em um segmento da árvore arterial que não envolve as artérias carótidas comuns (**Figura 22.12**, pág. 583).

Diagnóstico

Antônio apresenta uma alteração denominada "síndrome do roubo da subclávia" envolvendo a artéria subclávia esquerda. Nessa síndrome, o diâmetro da luz da artéria subclávia esquerda é reduzido (**Figura 22.29**). Esta redução do diâmetro diminui o fluxo sangüíneo para o membro superior esquerdo e pode também reduzir o fluxo sangüíneo

TERMOS DO CASO CLÍNICO

Aterosclerose: Uma doença causada pela deposição irregular de lipídeos na túnica íntima de artérias de médio e grande calibre. Os depósitos causam um estreitamento da luz da artéria.

Fossa supraclavicular: Depressão rasa localizada superiormente à região média da clavícula, lateralmente ao músculo esternocleidomastóideo.

Pressão arterial: Pressão do sangue nas artérias sistêmicas.

Pulsação diminuída: Redução do pulso no interior de um vaso sangüíneo.

Pulso carotídeo bilateral: Pulso nas duas artérias carótidas do pescoço.

Sopro sistólico: Qualquer som ou ruído anormal percebido durante a sístole do ciclo cardíaco.

Caso clínico (*continuação*)

para o lado esquerdo do encéfalo. Antônio queixa-se de dormência e formigamento no braço, acompanhados por vertigem e escurecimento da visão após atividade física envolvendo somente o membro superior esquerdo. Quando os músculos do membro superior esquerdo estão trabalhando em níveis máximos, sua demanda metabólica aumenta e os níveis de oxigênio e nutrientes diminuem. Isso desencadeia vasodilatação periférica que deveria, em condições normais, aumentar drasticamente o fluxo sangüíneo na artéria subclávia esquerda. Entretanto, no caso de Antônio, devido ao menor diâmetro da luz da artéria subclávia esquerda, o aumento do fluxo sangüíneo é insuficiente para atender a demanda dos músculos em exercício e dos nervos sensitivos do membro superior esquerdo, causando parestesia e formigamento. Concomitantemente, quanto mais sangue entra na artéria subclávia esquerda fluindo para o membro superior esquerdo, menos sangue flui para a artéria vertebral esquerda, um ramo proximal da artéria subclávia esquerda. É esta redução do fluxo sangüíneo para o encéfalo que produz os sintomas de tontura e vertigem. O fluxo na artéria vertebral diminui significativamente em função das seguintes relações anatômicas:

1. No caso de Antônio, o local da estenose é a raiz da artéria subclávia, proximal à origem da artéria vertebral (**Figura 22.29**).
2. A demanda circulatória aumentada do membro superior esquerdo durante a atividade física causa vasodilatação da artéria subclávia esquerda e de seus ramos. Devido à estenose, essa vasodilatação induzida por atividade física diminui a pressão sangüínea na artéria subclávia e em seus ramos, causando uma redução do fluxo ou mesmo um fluxo reverso do sangue no interior da artéria vertebral.

Figura 22.29 **Angiografia da artéria subclávia esquerda do paciente deste caso clínico, mostrando o diâmetro diminuído.**

TERMOS CLÍNICOS

Aneurisma: Dilatação (abaulamento) na parede enfraquecida de um vaso, geralmente uma artéria.

Arteriosclerose: Espessamento e rigidez das paredes arteriais.

Aterosclerose: Um tipo de arteriosclerose caracterizada por modificações no revestimento endotelial e formação de placas.

Embolia pulmonar: Bloqueio circulatório causado pelo aprisionamento de um trombo livre em uma artéria pulmonar.

Hemorróidas: Veias varicosas na parede do reto e/ou canal anal, geralmente associadas à gravidez ou a esforços freqüentes à evacuação.

Trombo: Coágulo estacionário no interior de um vaso.

Veias varicosas: Tortuosidade e dilatação de veias por ação da gravidade e insuficiência das válvulas venosas.

RESUMO PARA ESTUDO

Introdução 572

1. O sistema circulatório é um sistema fechado com dois padrões circulatórios: uma *circulação pulmonar* e uma *circulação sistêmica.*
2. O sangue circula por uma rede de artérias, veias e capilares.Todas as trocas de gases e nutrientes entre o sangue e o líquido intersticial ocorrem através das paredes capilares.

Organização histológica dos vasos sangüíneos 572

1. As paredes das artérias contêm três camadas: a **túnica íntima** (mais interna), a **túnica média** (intermédia) e a **túnica adventícia** (faixa de tecido conectivo ao redor do vaso). (*ver Figura 22.1*)

Diferenciação entre artérias e veias 573

2. Em geral, as paredes das artérias são mais espessas em relação às das veias. O revestimento endotelial de uma artéria não pode se contrair, motivo pelo qual ele se dobra formando pregas. As artérias se contraem quando a pressão do sangue não as distende; as veias contraem-se muito pouco. (*ver Figura 22.1*)

Artérias 574

3. O sistema arterial inclui as **artérias elásticas** de grande calibre, as **artérias musculares de médio calibre** e as **arteríolas**. As artérias elásticas, ou *artérias de condução,* transportam grandes volumes de sangue a partir do coração para a circulação. São capazes de distender-se e voltar ao seu calibre original com as variações de pressão. As artérias musculares (*artérias de distribuição*) transportam o sangue para os músculos esqueléticos

e órgãos. As arteríolas podem modificar seu diâmetro (*vasodilatação* ou *vasoconstrição*) em resposta a condições do corpo. Ao prosseguir em direção aos capilares, o número de vasos aumenta, mas o diâmetro diminui e as paredes tornam-se mais finas. (*ver Figuras 22.1* e *22.2)*

Capilares 575

4. Capilares são os menores vasos sangüíneos e os únicos que permitem trocas entre o sangue e o líquido intersticial. Os capilares podem ser **contínuos** (quando o endotélio é um revestimento completo) ou **fenestrados** (quando o endotélio contém poros ou "janelas"). **Sinusóides** são capilares fenestrados especializados encontrados em tecidos específicos (como o fígado) que permitem um fluxo sangüíneo muito lento. (*ver Figura 22.4*)
5. Os capilares formam redes interligadas denominadas **leitos capilares (redes capilares)**. Um **esfincter pré-capilar** (uma faixa de músculo liso) ajusta o fluxo sangüíneo para o interior de cada capilar. **Canais centrais** ou **preferenciais** oferecem vias de comunicação entre arteríolas e vênulas. O segmento arterial de um canal é denominado **metarteríola.** O fluxo sangüíneo pode ser desviado dos leitos capilares, passando por **anastomoses arteriolovenulares** ou canais centrais no interior dos leitos capilares. (*ver Figura 22.5)*

Veias 577

6. As **veias** coletam o sangue pobre em oxigênio dos tecidos e órgãos e o retornam ao coração. As **vênulas** coletam sangue dos capilares e unem-se para formar **veias de médio calibre** e **veias de grande calibre**. O sistema arterial é um sistema de alta pressão; nas veias a pressão é muito mais baixa. As **válvulas** das veias evitam o refluxo sangüíneo. (*ver Figuras 22.1/22.2/22.6)*

A distribuição do sangue 578

7. Enquanto o coração, as artérias e os capilares contêm em torno de 30 a 35% do volume total do sangue, a maior parte do volume total (65 a 70%) está no sistema venoso. A **vasoconstrição** periférica ajuda a manter o volume de sangue adequado no sistema arterial quando ocorre hemorragia grave. A **reserva venosa**, que é o sangue extra do sistema venoso que pode ser distribuído no interior do sistema arterial, normalmente responde por até 21% do volume total de sangue. (*ver Figura 22.7)*

Distribuição dos vasos sangüíneos 578

1. Os vasos sangüíneos do corpo constituem duas circulações: a **circulação pulmonar** (entre o coração e os pulmões) e a **circulação sistêmica** (do coração para os tecidos e órgãos). (*ver Figura 22.8)*

A circulação pulmonar 579

2. As artérias da circulação pulmonar conduzem sangue desoxigenado. A circulação pulmonar inclui o **tronco pulmonar**, as **artérias pulmonares direita** e **esquerda** e as **veias pulmonares** que se esvaziam no átrio esquerdo. (*ver Figura 22.9)*

A circulação sistêmica 579

3. A **parte ascendente da aorta** dá origem à circulação coronariana. O **arco da aorta** se continua na **parte descendente da aorta**. Três grandes artérias se originam no arco da aorta para, em conjunto, suprir a cabeça, o pescoço, o ombro e os membros superiores: **o tronco braquiocefálico**, a **artéria carótida comum esquerda** e a **artéria subclávia esquerda**. A distribuição detalhada destes vasos sangüíneos e seus ramos é representada nas *Figuras 22.10 a 22.20.*
4. O tronco braquiocefálico dá origem à **artéria subclávia direita** e à **artéria carótida comum direita**. Essas artérias suprem o membro superior direito e partes do ombro direito, pescoço e cabeça. (*ver Figuras 22.12 a 22.14)*
5. Cada artéria subclávia deixa a cavidade torácica tornando-se **artéria axilar**, que se continua no braço e torna-se **artéria braquial**. As artérias braquiais suprem os membros superiores. (*ver Figura 22.12)*
6. Cada artéria carótida comum divide-se em uma **artéria carótida interna** e uma **artéria carótida externa**. As artérias carótidas externas e seus ramos suprem as estruturas do pescoço e da face. As artérias carótidas internas e seus ramos penetram no crânio e suprem o encéfalo e os bulbos dos olhos. O encéfalo também recebe sangue das **artérias vertebrais**. As artérias vertebrais e as carótidas internas formam o **círculo arterial do cérebro** (ou *polígono de Willis*), que garante o suprimento sangüíneo para o encéfalo. (*ver Figuras 22.13 a 22.15)*
7. A parte descendente da aorta, superior ao diafragma, é a **parte torácica da aorta**, e a parte inferior ao diafragma é denominada **parte abdominal da aorta**. A parte torácica da aorta e seus ramos suprem as vísceras torácicas e o tórax. A parte abdominal da aorta e seus ramos suprem a parede abdominal, as vísceras abdominais, as estruturas pélvicas e os membros inferiores. As três artérias ímpares são o **tronco celíaco**, a **artéria mesentérica superior** e a **artéria mesentérica inferior**. O tronco celíaco divide-se na **artéria gástrica esquerda**, na **artéria hepática comum** e na **artéria esplênica**. Artérias pares incluem as **artérias supra-renais**, **artérias renais**, **artérias lombares** e **artérias gonadais.** A distribuição detalhada destes vasos e de seus ramos pode ser observada nas *Figuras 22.10 a 22.18/22.20.*
8. As artérias do pescoço e dos membros são profundas; em contrapartida, existem dois conjuntos de veias periféricas – um superficial e outro profundo. Esta dupla drenagem venosa é importante para o controle da temperatura corporal (*ver Figuras 22.10/22.21)*. As artérias da pelve e dos membros inferiores incluem as **artérias ilíacas comuns direita** e **esquerda**, que se ramificam para formar as **artérias ilíacas interna** e **externa**. A **artéria femoral** e a **artéria femoral profunda** suprem o membro inferior (*ver Figura 22.18)*. As artérias do pé podem ser observadas nas *Figuras 22.18 e 22.20.*
9. A **veia cava superior** (**VCS**) recebe sangue da cabeça, do pescoço, do tórax, dos ombros e dos membros superiores. A distribuição detalhada destes vasos e de suas tributárias pode ser observada nas *Figuras 22.21 a 22.24.* A **veia cava inferior** (**VCI**) coleta a maior parte do sangue dos órgãos e estruturas localizadas inferiormente ao diafragma e que não são drenadas pela veia porta do fígado. A distribuição detalhada destes vasos e de suas tributárias pode ser observada nas *Figuras 22.23 a 22.26.*
10. Qualquer vaso sangüíneo que liga dois leitos capilares é denominado *vaso portal*, e a rede de vasos sangüíneos forma um *sistema porta.*
11. O sangue que deixa os capilares supridos pelo tronco celíaco e pelas artérias mesentéricas superior e inferior flui para o **sistema porta do fígado**. O sangue contido no sistema porta do fígado é único quando comparado ao das outras veias sistêmicas, pois contém altas concentrações de nutrientes. Estas substâncias são coletadas dos órgãos digestórios pelos vasos do sistema porta e são transportadas diretamente ao fígado para serem processadas. (*ver Figura 22.26b)*
12. Os vasos que formam o sistema porta do fígado são apresentados na *Figura 22.26.*

Alterações circulatórias ao nascimento 599

1. Durante o desenvolvimento fetal, as **artérias umbilicais** conduzem sangue para a placenta. O sangue retorna pelas **veias umbilicais** e entra em uma rede de seios vasculares no fígado. O **ducto venoso** coleta este sangue e o conduz para a veia cava inferior. (*ver Figura 22.27 e O Desenvolvimento do Sistema Circulatório no Capítulo 28*)
2. Nesta fase, o septo interatrial está completo e o **forame oval** permite a passagem do sangue do átrio direito para o átrio esquerdo. O **ducto arterial** também permite a passagem de sangue entre o tronco pulmonar e o arco da aorta. Ao nascimento, ou logo após, quando a circulação pulmonar torna-se funcional, estas conexões normalmente se fecham, formando uma depressão denominada **fossa oval**, localizada onde anteriormente situava-se o forame oval, e o **ligamento arterial**, localizado onde anteriormente situava-se o ducto arterial. (*ver Figura 22.27 e O Desenvolvimento do Sistema Circulatório no Capítulo 28)*

Envelhecimento e sistema circulatório 603

1. As alterações do sangue relacionadas ao envelhecimento podem incluir: (1) diminuição do hematócrito, (2) constrição de veias periféricas por

trombos (coágulos sangüíneos estacionários) e (3) represamento de sangue nas veias das pernas pelo mau funcionamento das válvulas venosas.

2. As alterações anatômicas do coração relativas ao envelhecimento incluem: (1) redução do débito cardíaco máximo, (2) redução na elasticidade do esqueleto fibroso, (3) aterosclerose progressiva que pode restringir a circulação coronariana e (4) substituição de fibras musculares cardíacas danificadas por tecido cicatricial.
3. As alterações dos vasos sangüíneos relacionadas ao envelhecimento geralmente envolvem a arteriosclerose e incluem: (1) artérias com paredes inelásticas e menos tolerantes a aumentos súbitos de pressão, o que pode levar à formação de **aneurismas**; (2) depósito de sais de cálcio nas paredes enfraquecidas dos vasos, aumentando o risco de acidentes vasculares e infartos; e (3) trombos que se formam nas placas ateroscleróticas.

REVISÃO DO CAPÍTULO

Para respostas às questões da Revisão dos Conceitos e Revisão do Capítulo, veja a seção de Respostas na parte final do livro.

Nível 1 – Revisão de fatos e termos

Associe cada item numerado com a letra do item que melhor se relaciona. Utilize letras para as respostas nos espaços apropriados.

Coluna A	Coluna B
__1. artérias elásticas	a. conduzem sangue à cabeça
__2. trombos	b. artérias de distribuição
__3. colaterais	c. artérias de condução
__4. veias renais	d. coágulos sangüíneos
__5. artérias ilíacas	e. rede de capilares
__6. alvéolos	f. artérias que suprem a rede capilar
__7. artérias carótidas	g. suprem sangue aos membros superiores
__8. artérias subclávias	h. pequenos sacos repletos de ar
__9. plexos capilares	i. suprem os membros inferiores
__10. artérias musculares	j. coletam sangue dos rins

11. Comparadas às artérias, as veias:
(a) são mais elásticas (b) apresentam paredes mais finas
(c) apresentam mais músculo liso na túnica média (d) apresentam endotélio pregueado

12. Os capilares que apresentam revestimento completo são chamados de:
(a) capilares contínuos (b) capilares fenestrados
(c) capilares sinusoidais (d) sinusóides

13. Os únicos vasos sangüíneos cujas paredes permitem trocas entre o sangue e o líquido intersticial circundante são:
(a) artérias (b) arteríolas
(c) veias (d) capilares

14. O fluxo sangüíneo através dos capilares é regulado:
(a) pelas anastomoses arteriais (b) pelos canais centrais
(c) pelos vasa vasorum (d) pelo esfíncter pré-capilar

15. O sangue advindo do encéfalo retorna ao coração por meio da:
(a) veia vertebral (b) veia jugular interna
(c) veia jugular externa (d) veia ázigo

16. Os ramos que têm origem no arco da aorta incluem:
(a) a artéria subclávia esquerda (b) a artéria subclávia direita
(c) a artéria axilar direita (d) a artéria carótida comum direita

17. Durante a atividade física aumentada:
(a) o volume sistólico diminui (b) o débito cardíaco diminui
(c) o retorno venoso aumenta (d) ocorre vasoconstrição nos músculos esqueléticos ativos

18. Na perna, a artéria femoral se torna:
(a) a artéria poplítea (b) a artéria femoral profunda
(c) a artéria tibial (d) a artéria ilíaca

19. A fusão das veias braquiocefálicas forma:
(a) a veia ázigo (b) a veia cava superior
(c) a veia cava inferior (d) a veia subclávia

20. Indivíduos idosos geralmente apresentam:
(a) hematócrito elevado (b) artérias rígidas e inelásticas
(c) retorno venoso aumentado (d) pressão sangüínea diminuída

Nível 2 – Revisão de conceitos

1. A principal diferença entre o sistema arterial e o sistema venoso é que:
(a) as artérias geralmente são mais superficiais do que as veias
(b) nos membros, existe uma dupla drenagem venosa
(c) as veias geralmente são menos ramificadas do que as artérias
(d) nos membros, as veias apresentam um padrão mais ordenado de ramificação

2. Você esperaria encontrar capilares fenestrados:
(a) no pâncreas (b) nos músculos esqueléticos
(c) no músculo cardíaco (d) no baço

3. Por que o revestimento endotelial de uma artéria contraída parece ter pregas?
(a) os espaços existentes entre as células endoteliais permitem que o revestimento se dobre quando a artéria está contraída
(b) o revestimento endotelial não pode se contrair, resultando disso a sua disposição em pregas quando a artéria se contrai
(c) as regiões de expansão da artéria estão dobradas quando a artéria se contrai
(d) os vasa vasorum se contraem de modo irregular
(e) nenhuma das anteriores

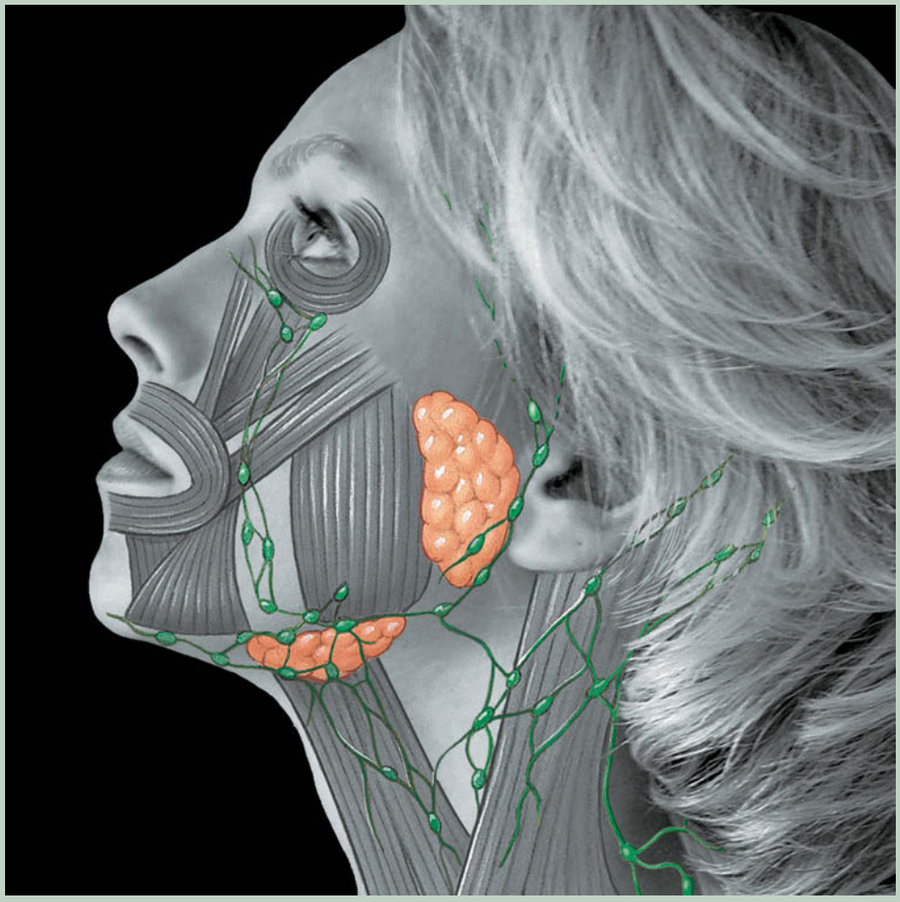
4. Dê alguns exemplos de artérias elásticas.
5. Onde são encontrados os sinusóides?
6. O que são anastomoses arteriolovenulares?
7. Quais são as funções das válvulas venosas nos membros?
8. Nomeie as três artérias elásticas que têm origem ao longo do arco da aorta.
9. Que regiões do corpo são drenadas pela veia cava superior?
10. Qual é a função do forame oval no coração do feto?

Nível 3 – Pensamento crítico

1. Explique qual é o risco envolvido no ato de se apertar espinhas na região superior do nariz e na região das sobrancelhas.
2. Após alguns minutos, imerso em um banho extremamente quente em sua banheira, João sente tontura, desmaia e só não se afoga por ter sido amparado por uma barra de segurança, não submergindo totalmente na água. Explique o que aconteceu.
3. O avô de Milena sofre de insuficiência cardíaca congestiva. Na última visita dela ao avô, a neta observou que seus tornozelos e pés estavam inchados. Ela lhe pergunta por que isso ocorre. O que você diria?

23

O Sistema Linfático



OBJETIVOS DO CAPÍTULO:

1. Descrever a função do sistema linfático na defesa do corpo.
2. Identificar os principais componentes do sistema linfático.
3. Descrever a origem da linfa e suas relações com o sangue.
4. Comparar a estrutura dos vasos linfáticos e das veias.
5. Descrever a localização, estrutura e função dos vasos linfáticos.
6. Traçar o padrão da circulação linfática.
7. Discutir a importância dos linfócitos e descrever onde eles podem ser encontrados no corpo.
8. Descrever a ativação dos linfócitos.
9. Descrever resumidamente a função dos vários componentes do sistema linfático na resposta imunológica.
10. Descrever as relações anatômicas e funcionais entre os sistemas linfático e circulatório; relacionar as estruturas do tecido linfático à defesa do corpo contra doenças.
11. Descrever a localização, estrutura e função dos principais linfonodos.
12. Descrever a localização, estrutura e função do timo.
13. Descrever a localização, estrutura e função do baço.
14. Descrever as alterações no sistema imunológico que ocorrem com o envelhecimento.

Introdução 609

Uma visão geral do sistema linfático 609

Estrutura dos vasos linfáticos 610

Linfócitos 613

Tecidos linfáticos 616

Órgãos linfáticos 617

Envelhecimento e sistema linfático 625

O mundo não é sempre favorável à manutenção das condições saudáveis do corpo humano. Acidentes causados pela interação com objetos do meio ambiente podem produzir impactos, cortes e queimaduras. Os efeitos de uma lesão podem ser potencializados por uma série de vírus, bactérias e outros microrganismos que proliferam em nosso ambiente. Alguns desses microrganismos normalmente vivem na superfície e no interior do corpo humano, mas todos têm o potencial de causar grandes danos. Permanecer vivo e saudável envolve um esforço constante e combinado que engloba diferentes órgãos e sistemas. Nesta luta contínua, o sistema linfático assume o papel primordial.

Este capítulo descreverá a organização anatômica do sistema linfático, considerando os modos de interação desse sistema com outros sistemas e tecidos para constituir a defesa do corpo contra infecções e doenças.

Uma visão geral do sistema linfático [Figura 23.1]

O **sistema linfático** apresenta vários componentes (Figura 23.1). A *linfa* é o tecido conectivo líquido transportado e monitorado por esse sistema*. pág. 62, 68 Os vasos que transportam a linfa são chamados de *vasos linfáticos,* e as células suspensas no interior deste líquido são conhecidas como *linfócitos. Tecidos* e *órgãos linfáticos* especializados ajustam a composição da linfa e produzem linfócitos de vários tipos.

Os vasos linfáticos se originam nos tecidos periféricos e conduzem a linfa para o sistema venoso. A linfa é composta de (1) líquido intersticial que se assemelha ao plasma sangüíneo, porém com menor concentração de proteínas; (2) linfócitos, as células responsáveis pela resposta imunológica; e (3) macrófagos de vários tipos. pág. 64-65 Os vasos linfáticos muitas vezes começam no interior ou passam através de tecidos e órgãos linfáticos, estruturas que contêm numerosos linfócitos, macrófagos e (em muitos casos) células-tronco linfáticas.

Funções do sistema linfático [Figura 23.2]

As funções fundamentais do sistema linfático são as seguintes:

1. *Produzir, manter e distribuir os linfócitos*: Os linfócitos, que são essenciais para os mecanismos de defesa normais do corpo, são produzidos e armazenados no interior dos órgãos linfáticos, como baço, timo e medula óssea. Os tecidos e órgãos linfáticos são classificados como *primários* ou *secundários.* As *estruturas linfáticas primárias* contêm células-tronco que se dividem para produzir células-filhas que se diferenciam em linfócitos B, T, ou NK. pág. 540 A medula óssea e o timo do adulto são as estruturas linfáticas primárias. Contudo, a maioria das respostas imunológicas é iniciada nas *estruturas linfáticas secundárias*, onde linfócitos imaturos ou ativados se dividem para produzir linfócitos adicionais do mesmo tipo. Por exemplo, as divisões de linfócitos B ativados podem produzir os linfócitos B adicionais necessários para eliminar uma infecção. As estruturas linfáticas secundárias estão localizadas "nas linhas de frente", onde as bactérias invasoras são primeiramente encontradas. Exemplos incluem linfonodos e tonsilas.
2. *Manter o volume sangüíneo normal e eliminar as variações locais na composição química do líquido intersticial*: A pressão sangüínea na extremidade proximal de um capilar sistêmico é de 35 mmHg. A pressão sangüínea tende a impulsionar a água e os solutos para fora do plasma e para dentro do líquido intersticial (Figura 23.2). Existe um pequeno movimento de líquido livre a partir do plasma para o líquido intersticial ao longo de todo o capilar sistêmico. O volume total é substancial: aproximadamente 3,6 litros ou 72% do volume sangüíneo total entram no líquido intersticial por dia. Em circunstâncias normais, este movimento passa despercebido porque, a cada dia, os vasos linfáticos drenam um volume igual de líquido intersticial para a corrente sangüínea. Conseqüentemente, existe um movimento contínuo de líquidos da corrente

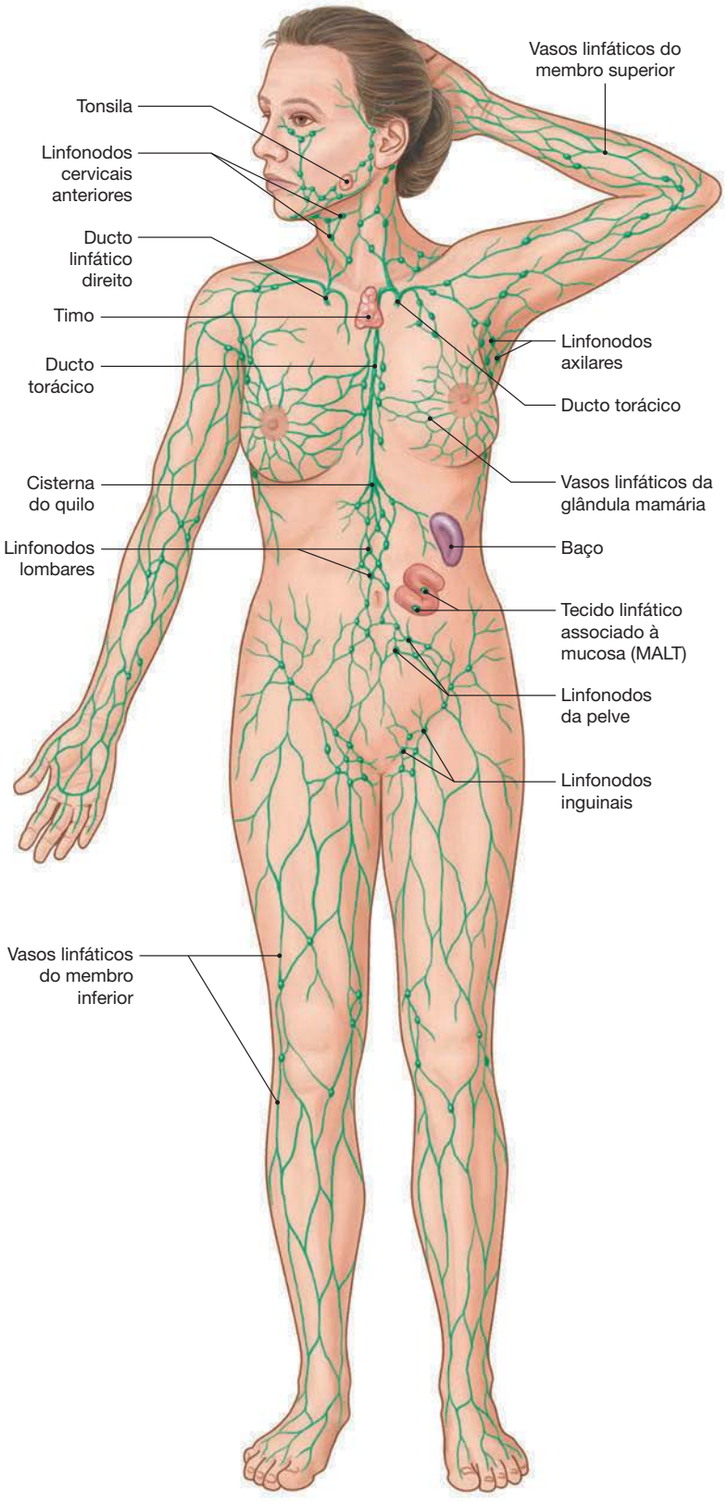


Figura 23.1 Sistema linfático.
Uma visão geral da organização dos vasos linfáticos, linfonodos e órgãos linfáticos.

* N. de R.T. Em geral, os termos "linfático" e "linfóide" são usados como sinônimos, porém a Terminologia Anatômica refere-se ao termo "linfático".

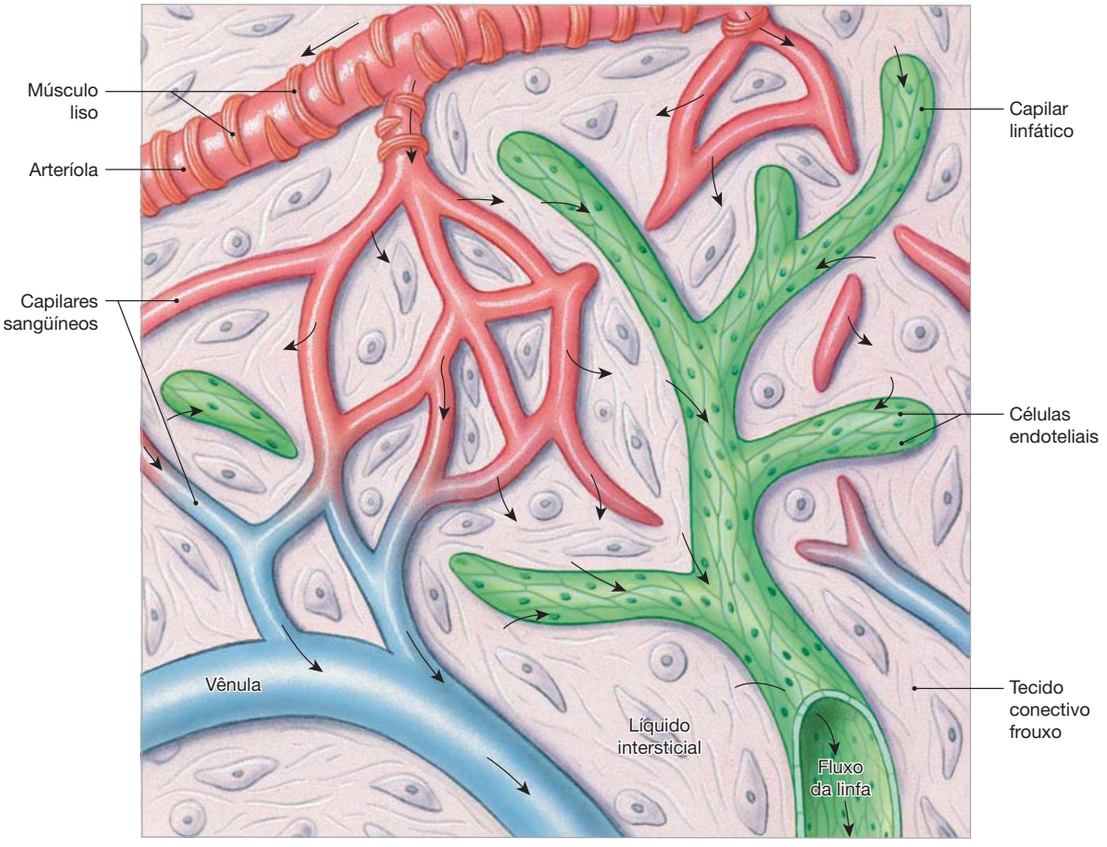


Figura 23.2 Capilares linfáticos. Os capilares linfáticos são vasos em fundo cego que se originam em áreas de tecido conectivo frouxo. **(a)** Vista tridimensional da associação de capilares sangüíneos e capilares linfáticos. As setas mostram a direção do sangue, do líquido intersticial e o movimento da linfa. **(b)** Vista em secção de um grupo de capilares linfáticos.

(a) Associação de capilares sangüíneos e capilares linfáticos

sangüínea para os tecidos e de volta para a corrente sangüínea através dos vasos linfáticos. Esta circulação de líquidos ajuda a eliminar diferenças regionais na composição do líquido intersticial. Como esta grande quantidade de líquido se movimenta através do sistema linfático diariamente, a ruptura de um grande vaso linfático pode causar uma queda rápida do volume sangüíneo, potencialmente fatal.

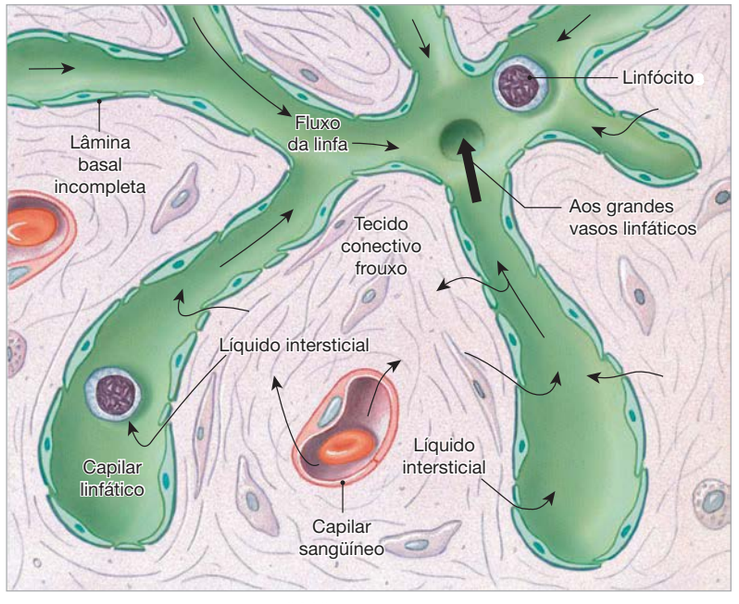
3. *Fornecer uma rota alternativa para o transporte de hormônios, nutrientes e produtos residuais:* Por exemplo, certos lipídeos absorvidos pelo trato digestório são transportados para a corrente sangüínea por vasos linfáticos em vez de serem absorvidos através dos capilares sangüíneos.

Estrutura dos vasos linfáticos

Os **vasos linfáticos**, muitas vezes denominados *linfáticos,* transportam a linfa dos tecidos periféricos para o sistema venoso. Do mesmo modo que ocorre com os vasos sangüíneos, os vasos linfáticos variam em tamanho, desde *capilares linfáticos*, de pequeno calibre, até vasos coletores de grande calibre, denominados *ductos linfáticos.*

Capilares linfáticos [Figura 23.2]

A rede linfática se inicia com os **capilares linfáticos**, ou *terminais linfáticos*, os quais formam uma rede complexa no interior dos tecidos periféricos. Os capilares linfáticos diferem dos capilares sangüíneos em vários aspectos: (1) Os capilares linfáticos são maiores em diâmetro e na vista seccional; (2) apresentam paredes mais delgadas porque suas células endoteliais não possuem uma lâmina basal contínua; (3) tipicamente apresentam um contorno plano ou irregular; (4) apresentam *filamentos colágenos de ancoragem* que se estendem desde a sua lâmina basal, incompleta, até o tecido conectivo circundante; esses filamentos ajudam a manter as vias de passagem abertas quando as pressões intersticiais aumentam; e (5) apresentam células endoteliais que se sobrepõem em vez de serem firmemente conectadas uma às outras (Figura 23.2). A região de sobreposição da célula endotelial atua como uma válvula unidirecional, permitindo a passagem de líquido intersticial para o capilar linfático e impedindo seu refluxo (Figura 23.2b). As células endoteliais muitas vezes são fenestradas, e a existência de poros nas células e fendas entre elas faz com que quase todos os tipos de elementos do líquido intersticial encontrem caminho para



(b) Vista em secção

o interior de um capilar linfático. As fendas entre as células endoteliais são suficientemente grandes para que os capilares linfáticos absorvam não apenas líquido intersticial e solutos dissolvidos, mas quaisquer vírus ou outros materiais anormais, como fragmentos celulares ou bactérias que eventualmente estejam presentes nos tecidos danificados ou infectados. Como conseqüência, um capilar linfático contém evidências físicas e químicas sobre a saúde dos tecidos circundantes.

Os capilares linfáticos são especialmente numerosos no tecido conectivo subcutâneo e nas mucosas, assim como nas camadas mucosa e submucosa do trato digestório. Capilares linfáticos proeminentes no intestino delgado, denominados *lactíferos*, transportam lipídeos absorvidos pelo trato digestório. Os capilares linfáticos estão presentes na maioria dos tecidos. No entanto, não são encontrados em áreas com pouco suprimento sangüíneo, como a matriz da cartilagem, córnea do bulbo do olho, medula óssea e sistema nervoso central.

Válvulas dos vasos linfáticos [Figura 23.3]

A partir dos capilares linfáticos, a linfa flui para vasos linfáticos de maior calibre que a conduzem na direção de troncos linfáticos nas cavidades abdominopélvica e torácica. Os vasos linfáticos de maior calibre são comparáveis a veias tanto em relação às túnicas de suas paredes quanto à presença de válvulas internas. As válvulas são bastante próximas, e a cada compartimento intervalvular, o vaso linfático é consideravelmente abaulado. Esta configuração confere ao vaso linfático uma aparência de gomos seqüenciais (Figura 23.3). A pressão no interior do sistema linfático é mínima; na realidade, a pressão do líquido intersticial no sistema linfático é menor do que a do sangue no sistema venoso. As válvulas evitam o refluxo da linfa no interior dos vasos linfáticos, sendo especialmente importantes nos membros superiores e inferiores. Os maiores vasos linfáticos apresentam camadas de músculo liso em suas paredes. Contrações rítmicas desses vasos propelem a linfa em direção aos ductos linfáticos. A contração dos músculos esqueléticos e os movimentos respiratórios atuam conjuntamente para movimentar a linfa ao longo dos vasos linfáticos. As contrações dos músculos esqueléticos nos membros comprimem os vasos linfáticos e propelem a linfa em direção ao tronco linfático; um mecanismo comparável auxilia o sistema de retorno venoso. A cada inspiração, a pressão no interior da cavidade torácica diminui e a linfa é impulsionada dos menores vasos linfáticos em direção aos troncos linfáticos e destes aos ductos linfáticos.

Se um vaso linfático estiver comprimido ou bloqueado, ou se suas válvulas estiverem danificadas, a drenagem linfática torna-se lenta ou é interrompida na área afetada. Com a diminuição da capacidade de drenagem e remoção do líquido que continua a fluir a partir dos capilares sangüíneos, o volume de líquido intersticial passa a ser gradualmente acumulado e os tecidos afetados tornam-se distendidos e edemaciados, condição esta denominada *linfedema*.

Vasos linfáticos são tipicamente encontrados em associação com vasos sangüíneos. Observe as diferenças relativas ao aspecto geral, tamanho e padrão de ramificação que distinguem os vasos linfáticos das artérias e das veias (Figura 23.3a,c). Diferenças características na coloração também são visíveis ao se observar tecidos vivos. As artérias geralmente apresentam coloração de um vermelho vivo, as veias costumam ser vermelhas escuras e a cor dos vasos linfáticos aproxima-se do dourado pálido.

Principais vasos linfáticos coletores [Figura 23.4]

Dois conjuntos de vasos linfáticos coletam a linfa dos capilares linfáticos: os vasos linfáticos superficiais e os profundos. Os vasos **linfáticos super-**

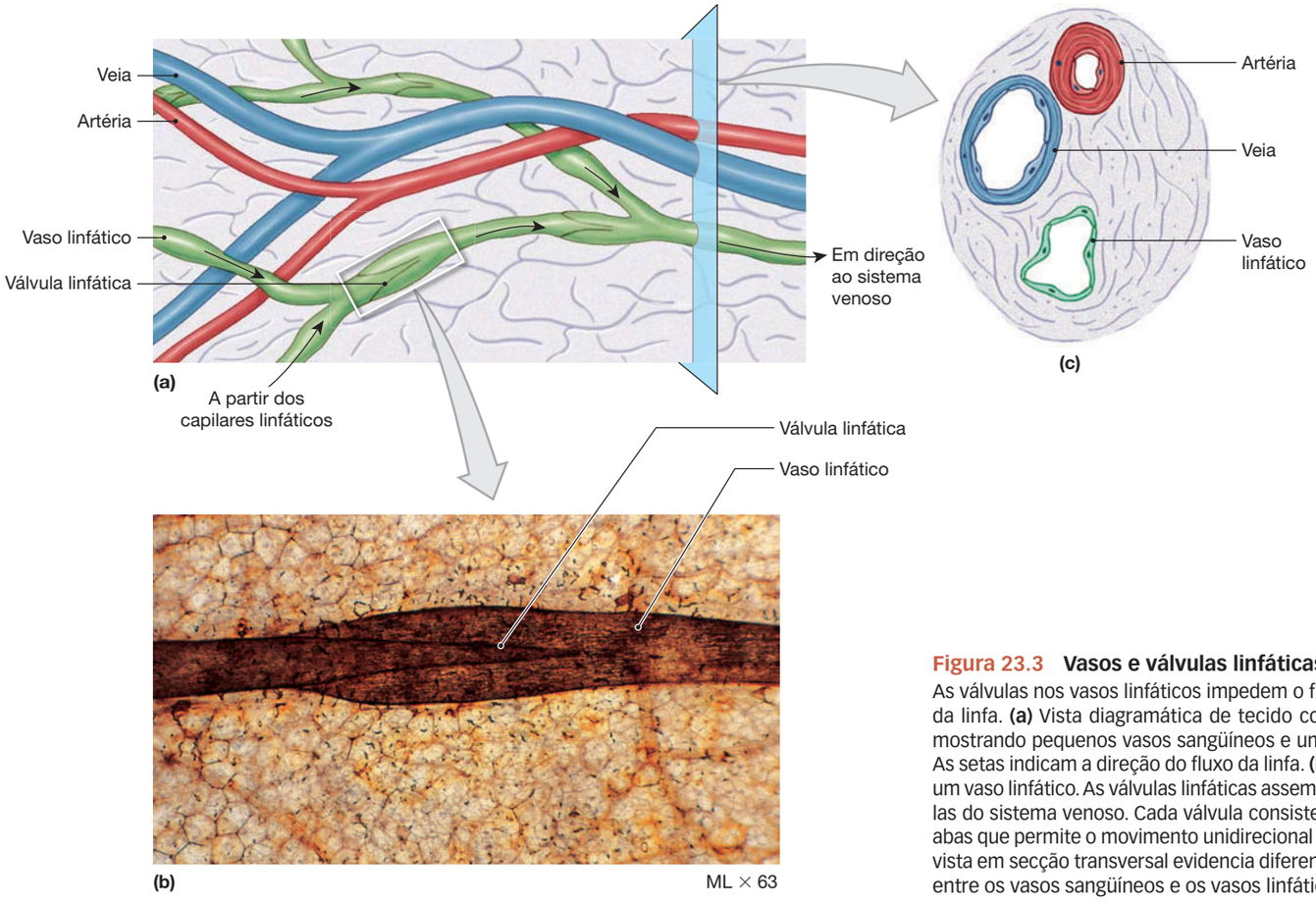


Figura 23.3 Vasos e válvulas linfáticas.
As válvulas nos vasos linfáticos impedem o fluxo retrógrado da linfa. **(a)** Vista diagramática de tecido conectivo frouxo mostrando pequenos vasos sangüíneos e um vaso linfático. As setas indicam a direção do fluxo da linfa. **(b)** Histologia de um vaso linfático. As válvulas linfáticas assemelham-se àquelas do sistema venoso. Cada válvula consiste em um par de abas que permite o movimento unidirecional do líquido. **(c)** A vista em secção transversal evidencia diferenças estruturais entre os vasos sangüíneos e os vasos linfáticos.

ficiais fazem trajeto juntamente às veias superficiais e são encontrados nos seguintes locais:

- Tela subcutânea, próxima da pele.
- Tecidos conectivos frouxos das túnicas mucosas, que revestem os tratos digestório, respiratório, urinário e genital.
- Tecidos conectivos das túnicas serosas, que revestem as cavidades pleural, pericárdica e peritoneal.

Os vasos **linfáticos profundos** são grandes vasos linfáticos que acompanham artérias e veias profundas. Esses vasos linfáticos coletam a linfa dos músculos esqueléticos e de outros órgãos do pescoço, membros e tronco, assim como os órgãos das cavidades torácica e abdominopélvica.

No tronco, os vasos linfáticos superficiais e profundos convergem para formar vasos maiores denominados **troncos linfáticos**. Os troncos linfáticos incluem (1) *troncos lombares*, (2) *troncos intestinais*, (3) *troncos broncomediastinais*, (4) *troncos subclávios* e (5) *troncos jugulares* (Figura 23.4). Os troncos linfáticos, por sua vez, esvaziam-se em dois grandes vasos coletores, os **ductos linfáticos**, que conduzem a linfa para a circulação venosa.

O ducto torácico [Figuras 23.4/23.5]

O **ducto torácico** coleta a linfa de ambos os lados do corpo, da região inferior ao músculo diafragma e do lado esquerdo da região superior ao mesmo músculo. O ducto torácico origina-se inferiormente ao diafragma, no nível da vértebra L II. A base do ducto torácico é uma câmara expandida, saculiforme, a **cisterna do quilo** (Figuras 23.4 e 23.5). A cisterna do quilo recebe a linfa da região do abdome, pelve e dos membros inferiores através dos *troncos lombares direito e esquerdo* e dos *troncos intestinais.*

O segmento inferior do ducto torácico situa-se anteriormente à coluna vertebral. A partir de sua origem, anterior à segunda vértebra lombar, o ducto torácico atravessa o músculo diafragma juntamente com a aorta, em uma abertura conhecida como *hiato aórtico*, e ascende ao longo do lado esquerdo da coluna vertebral até o nível da clavícula esquerda*. Após coletar a linfa dos *troncos broncomediastinal, subclávio* e *jugular* esquerdos, o ducto torácico es-

* N. de R.T. O ducto torácico ascende pelo mediastino posterior entre a parte torácica da aorta à esquerda, a veia ázigo à direita, o esôfago, anteriormente, e os corpos vertebrais, posteriormente. No nível da quarta ou quinta vértebra torácica, cruza para a esquerda, posterior ao esôfago, e sobe no mediastino superior.

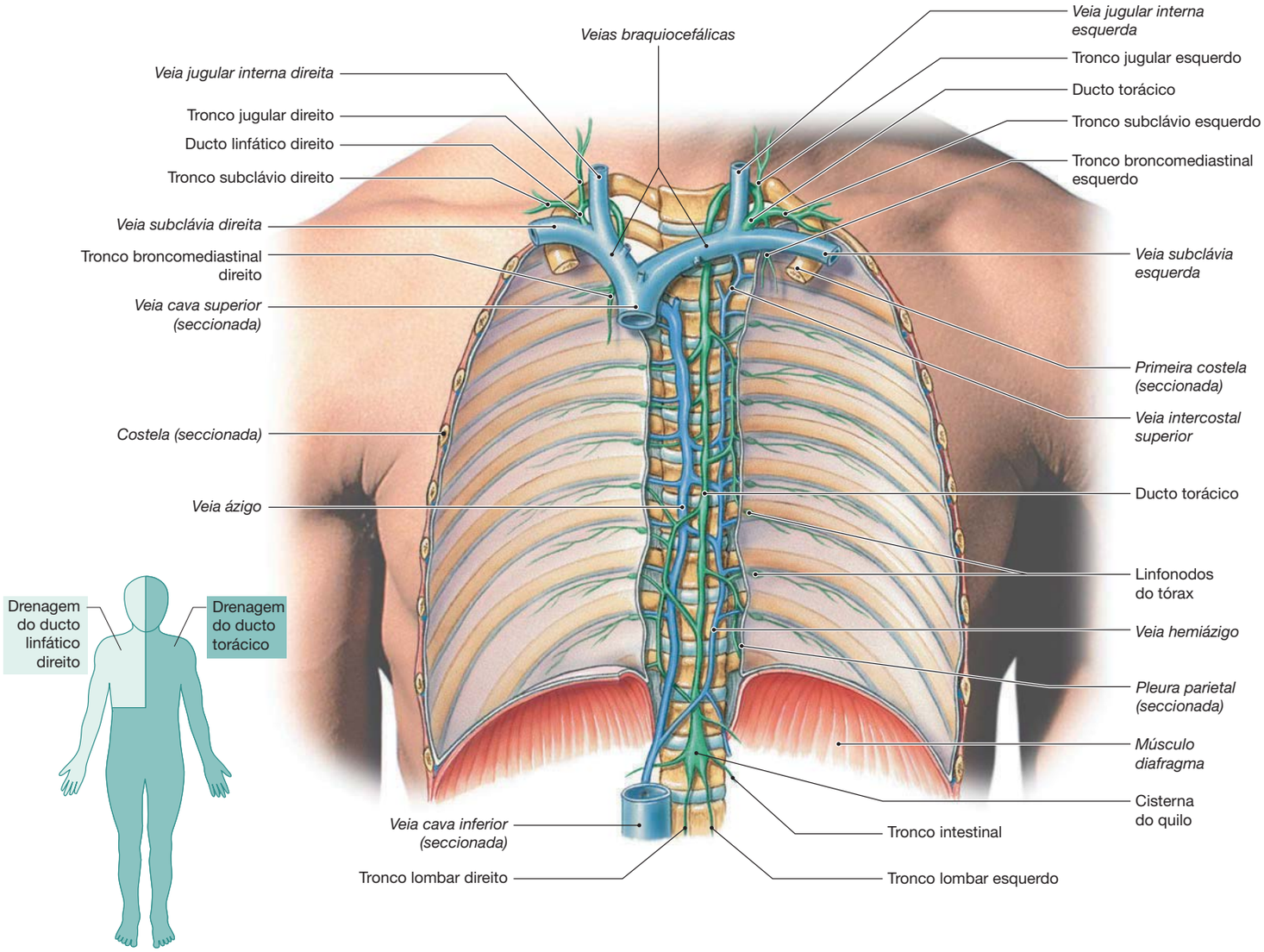


Figura 23.4 Ductos linfáticos e drenagem linfática.
O sistema coletor de vasos linfáticos, linfonodos e grandes ductos linfáticos coletores e suas relações com as veias braquiocefálicas. O ducto torácico drena a linfa dos tecidos situados inferiormente ao músculo diafragma e das estruturas do lado esquerdo da região superior do corpo. O ducto linfático direito drena as estruturas do corpo localizadas do lado direito da região superior ao músculo diafragma.

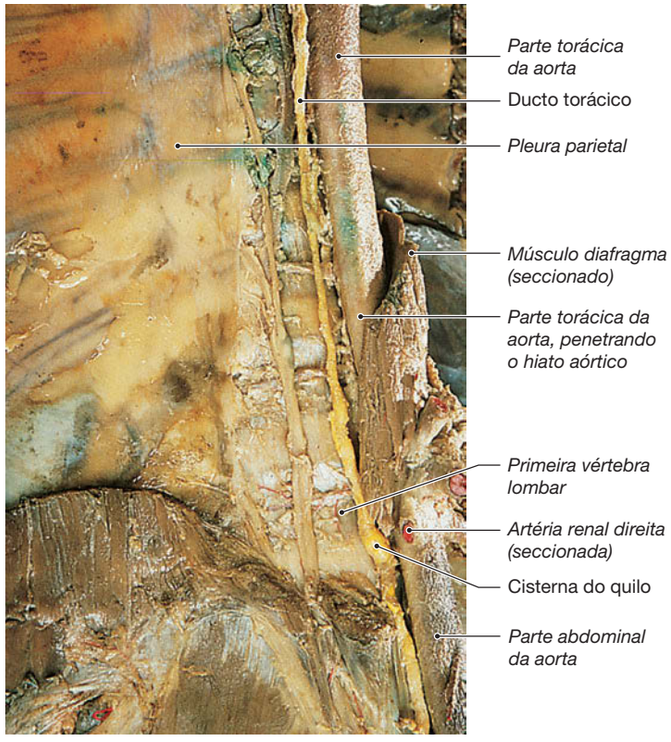


Figura 23.5 Grandes vasos linfáticos do tronco.
Vista anterior da dissecação do ducto torácico e vasos sangüíneos adjacentes. Os órgãos torácicos e abdominais foram removidos.

vazia-se na veia subclávia esquerda, nas proximidades da base da veia jugular interna esquerda (Figura 23.4). A linfa drenada do lado esquerdo da cabeça, do pescoço e do tórax, assim como a linfa advinda de toda a região inferior ao músculo diafragma, retorna ao sistema venoso por este trajeto.

O ducto linfático direito [Figura 23.4]

O **ducto linfático direito**, relativamente pequeno, coleta a linfa do lado direito do corpo acima do músculo diafragma. O ducto linfático direito recebe a linfa dos pequenos troncos linfáticos que convergem para a região da clavícula direita. Esse ducto esvazia-se no sistema venoso nas proximidades ou na própria união entre as veias jugular interna e subclávia direitas (Figura 23.4).

REVISÃO DOS CONCEITOS

1. Qual é a principal função do sistema linfático?
2. Você está observando uma secção transversal de dois capilares ao microscópio de luz. O capilar 1 é maior e apresenta paredes mais delgadas do que as do capilar 2. O capilar 2 é arredondado, enquanto o capilar 1 apresenta contornos irregulares. Qual deles provavelmente é um capilar linfático?
3. A ruptura de um grande vaso linfático seria fatal? Sim ou não e por quê?
4. Que estruturas linfáticas contêm células-tronco?

Veja a seção de Respostas na parte final do livro.

Linfócitos

Os linfócitos são as principais células do sistema linfático, sendo responsáveis pela imunidade específica. pág. 540 Respondem à presença de (1) organismos invasores, como bactérias e vírus; (2) células anômalas do próprio organismo, como células infectadas ou células cancerosas; e (3) proteínas estranhas, como toxinas liberadas por algumas bactérias. Os linfócitos procuram eliminar ou neutralizar estas ameaças por meio de uma combinação de ataques físicos e químicos. Essas células migram por todo o organismo, circulando na corrente sangüínea, movendo-se nos tecidos periféricos e finalmente retornando à corrente sangüínea através do sistema linfático. O tempo de permanência no interior do sistema linfático varia; um linfócito pode permanecer no interior de um linfonodo ou de outro órgão linfático por horas, dias ou mesmo anos. Quando em tecidos periféricos, os linfócitos podem encontrar patógenos invasores ou proteínas estranhas; já no interior do sistema linfático, os linfócitos podem ser expostos a patógenos ou proteínas conduzidas pela linfa; independentemente da origem do fator agressor, os linfócitos iniciam a resposta imunológica.

Tipos de linfócitos

Há três tipos diferentes de linfócitos no sangue: **linfócitos T** ou **células T** (**t**imo-dependentes), **linfócitos B** ou **células B** (dependentes da medula óssea – ***b****one marrow*) e **linfócitos NK** ou **células NK** (exterminadores naturais – ***n****atural* ***k****iller*). Cada tipo apresenta uma especificidade bioquímica e funcional.

Linfócitos T ou células T

Aproximadamente 80% dos linfócitos circulantes são classificados como linfócitos T. Há vários tipos de linfócitos T. Os **linfócitos T citotóxicos** atacam células estranhas ou células do próprio organismo infectadas por vírus. Seu ataque freqüentemente envolve o contato direto com o agente agressor. Esses linfócitos são responsáveis pela **imunidade mediada por células**. Os **linfócitos T auxiliares** e os **linfócitos T supressores** contribuem para a regulação e a coordenação da resposta imunológica; por essa razão, também são denominados *linfócitos T reguladores*. Os linfócitos T reguladores controlam tanto a ativação quanto a atividade dos linfócitos B. Os **linfócitos T de memória** são produzidos pela divisão de linfócitos T ativados após a exposição a um determinado antígeno. São chamados de linfócitos T de memória porque podem permanecer "em estado de latência", tornando-se ativados apenas se o mesmo antígeno surgir no organismo em uma ocasião posterior. Além dos tipos descritos, há outros linfócitos T no organismo.

Linfócitos B ou células B

Os linfócitos B respondem por 10 a 15% dos linfócitos circulantes. Quando estimulados por exposição a um antígeno, os linfócitos B podem se diferenciar em **plasmócitos**. Os plasmócitos são responsáveis pela produção e secreção de **anticorpos**. pág. 537 Estas proteínas solúveis reagem com alvos químicos específicos, denominados **antígenos**. Os antígenos geralmente estão associados com patógenos, partes ou produtos de patógenos, ou compostos estranhos ao organismo. A maioria dos antígenos consiste em cadeias curtas de peptídeos ou seqüências curtas de aminoácidos ao longo de uma proteína complexa, embora alguns lipídeos, polissacarídeos ou ácidos nucléicos também possam estimular a produção de anticorpos. Ao estabelecer ligação com seu antígeno correspondente, o anticorpo inicia uma cadeia de eventos que leva à destruição, neutralização ou eliminação do antígeno. Os anticorpos são também conhecidos como **imunoglobulinas**. Como o sangue é a principal via de distribuição das imunoglobulinas, diz-se que os linfócitos B são as células responsáveis pela **imunidade mediada por anticorpos**, ou *imunidade humoral* ("líquido"). Os **linfócitos B de memória** são produzidos pela divisão de linfócitos B ativados; a ativação ocorre mediante exposição a determinados tipos de antígenos. Os linfócitos B de memória só se tornam ativos se o antígeno voltar a se manifestar no organismo em um episódio posterior.

Os linfócitos T auxiliares promovem a diferenciação de plasmócitos e aceleram a produção de anticorpos. Os linfócitos T supressores inibem a formação de novos plasmócitos e a produção de anticorpos pelos plasmócitos já existentes no organismo.

Linfócitos NK ou células NK

Os restantes 5 a 10% de linfócitos circulantes são os linfócitos NK, também conhecidos como "*linfócitos granulares grandes*". Esses linfócitos atacam células estranhas, células do próprio organismo que se encontram infectadas por vírus e células cancerosas que surgem nos tecidos normais. O monitoramento contínuo dos tecidos periféricos pelos linfócitos NK e pelos macrófagos ativados é denominado **vigilância imunológica**.

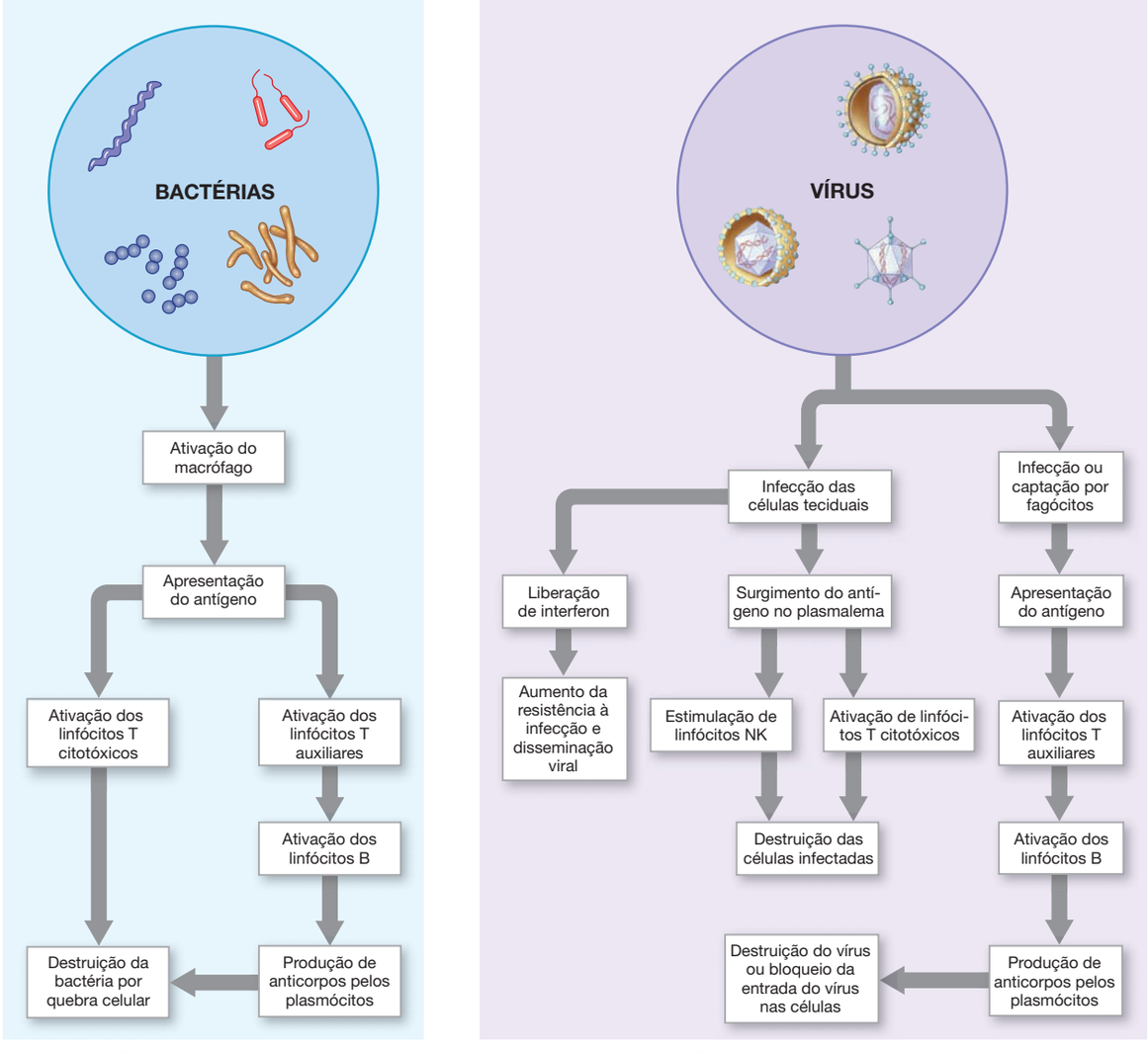
Linfócitos e a resposta imunológica [Figura 23.6]

O objetivo da **resposta imunológica** é a inativação ou a destruição de patógenos, células anômalas e moléculas estranhas, como toxinas. O organismo desempenha estas funções de duas maneiras:

1. Ataque direto pela ativação dos linfócitos T (*imunidade mediada por células*).
2. Ataque pela atividade de anticorpos circulantes, liberados por *plasmócitos* derivados de linfócitos B ativados (*imunidade mediada por anticorpos*).

A Figura 23.6 fornece uma visão geral da resposta imunológica à infecção viral e bacteriana. Após o surgimento de um antígeno, o primeiro passo da resposta imunológica é freqüentemente a fagocitose do antígeno por um macrófago. Fragmentos do antígeno fagocitado ficam então expostos na membrana do macrófago, que, de certo modo, "apresenta" o antígeno aos linfócitos T, em um processo denominado *apresentação do antígeno*. Os linfócitos T responsivos são sensíveis a apenas este tipo específico de antígeno. Esses linfócitos respondem porque seus plasmalemas contêm receptores capazes de estabelecer ligação com aquele antígeno específico. Quando ocorre a ligação, os linfócitos T passam por um processo de ativação e passam a se dividir. Algumas células-filhas diferenciam-se em linfócitos T citotóxicos, outras em linfócitos T auxiliares, os quais por sua vez ativam linfócitos B, e algumas se tornam linfócitos T de memória, que apenas continuarão a se diferenciar se ocasionalmente entrarem em contato com esse mesmo antígeno em um episódio posterior.

O sistema imunológico não tem como prever quais os antígenos que eventualmente poderão ser encontrados ao longo da vida. Sua estratégia de proteção, assim, é o preparo geral para o aparecimento de *qualquer* antígeno. Ao longo do desenvolvimento, a diferenciação celular no sistema linfático produz enormes quantidades de linfócitos, com variadas



(a) Defesa contra bactérias **(b) Defesa contra vírus**

Figura 23.6 Linfócitos e a resposta imunológica.
(a) Defesas contra bactérias patogênicas geralmente são iniciadas por macrófagos ativos. **(b)** Defesas contra vírus em geral são ativadas após a infecção de células normais. Em cada exemplo, linfócitos B e T cooperam para produzir ataques químico e físico coordenados.

sensibilidades para diferentes antígenos. A capacidade de um linfócito de reconhecer um antígeno específico é denominada *imunocompetência.* Entre os aproximadamente trilhões de linfócitos no corpo humano, existem milhões de populações de linfócitos. Cada população consiste em alguns milhares de células que são preparadas para reconhecer um antígeno específico. Quando um desses linfócitos estabelece ligação com um antígeno, torna-se ativado, dividindo-se para produzir mais linfócitos sensíveis àquele antígeno em particular. Alguns linfócitos agem imediatamente para eliminar o antígeno, e outros (os linfócitos de memória) estarão prontos para agir se houver uma nova ocorrência desse antígeno no corpo. Este mecanismo propicia a defesa imediata e assegura uma resposta ainda mais incisiva na eventualidade de um novo contato com o mesmo antígeno.

Distribuição e tempo de vida dos linfócitos

A proporção entre linfócitos B e linfócitos T varia dependendo do tecido ou órgão considerado. Por exemplo, os linfócitos B são raramente encontrados no timo; no sangue, os linfócitos T excedem em número os linfócitos B na proporção de 8:1. Essa proporção cai para 1:1 no baço e para 1:3 na medula óssea.

Os linfócitos no interior destes órgãos são migratórios e não permanentes. Os linfócitos se movem continuamente pelo organismo; percorrem um tecido e penetram um vaso sangüíneo ou vaso linfático para serem transportados para outro local. O movimento dos linfócitos T é relativamente rápido. Por exemplo, um linfócito T pode passar cerca de 30 minutos no sangue e entre 15 e 20 horas no interior de um linfonodo. Os linfócitos B se movem mais lentamente, podendo passar cerca de 30 horas em um linfonodo antes de serem transportados para outro local.

Em geral, os linfócitos apresentam um tempo de vida bem mais longo em relação a outros elementos figurados do sangue. Aproximadamente 80% dos linfócitos sobrevivem por quatro anos, e alguns duram 20 anos ou mais. Ao longo da vida, as populações normais de linfócitos são mantidas pelo processo de *linfopoese.*

Linfopoese: produção de linfócitos [Figura 23.7]

A **linfopoese** ocorre na medula óssea e no timo. A Figura 23.7 mostra as relações entre a medula óssea, o timo e os tecidos linfáticos periféricos no que se refere à produção, maturação e distribuição de linfócitos.

Células-tronco pluripotentes na medula óssea produzem células-tronco linfáticas com duas finalidades distintas. Um grupo permanece na medula óssea; estas células-tronco se dividem para produzir linfócitos NK e linfócitos B, os quais adquirem imunocompetência e migram para os tecidos periféricos. Os linfócitos NK circulam continuamente nos tecidos periféricos, enquanto os linfócitos B permanecem armazenados nos linfonodos, no baço e nos tecidos linfáticos. Um segundo grupo de células-tronco migra para o timo. Sob a influência dos hormônios do timo (timosina-1, timopentina, timulina e outros), estas células-tronco dividem-se repetidamente, produzindo células-filhas que amadurecem funcionalmente originando linfócitos T, que em seguida migram para o baço, outros órgãos linfáticos e para a medula óssea.

A capacidade de divisão de um linfócito é mantida mesmo quando ele migra para tecidos periféricos. Estas divisões produzem células-filhas do mesmo tipo e com sensibilidade específica ao mesmo antígeno. Por exemplo, um linfócito B, ao se dividir, produzirá outros linfócitos B, e não linfócitos T ou linfócitos NK. A capacidade de aumentar o número de linfócitos de um tipo específico é importante para o sucesso da resposta imunológica. Se essa capacidade estiver comprometida, o indivíduo se tornará incapaz de constituir defesas eficazes contra infecções e doenças. Por exemplo, a SIDA (*síndrome da imunodeficiência adquirida*) resulta da

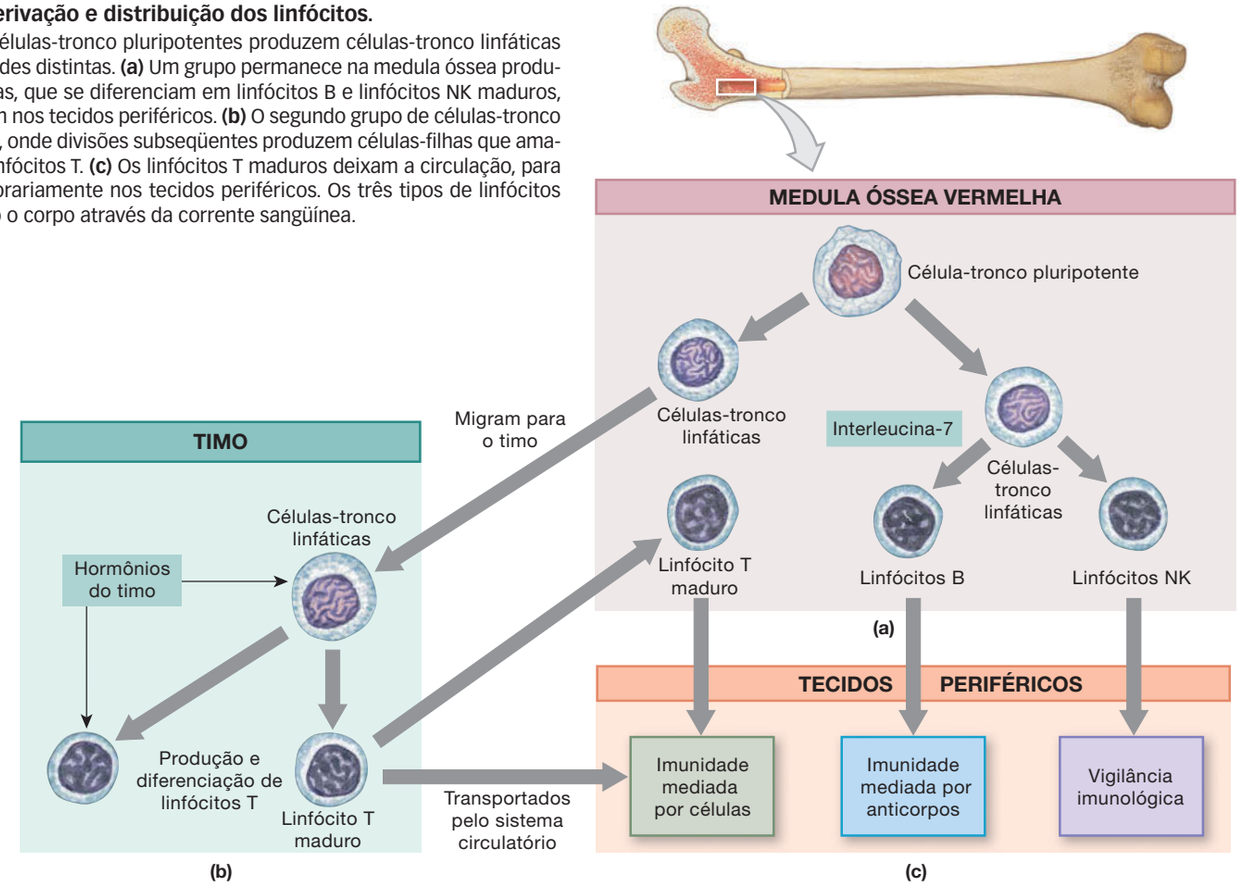


Figura 23.7 Derivação e distribuição dos linfócitos.
As divisões das células-tronco pluripotentes produzem células-tronco linfáticas com duas finalidades distintas. **(a)** Um grupo permanece na medula óssea produzindo células-filhas, que se diferenciam em linfócitos B e linfócitos NK maduros, os quais penetram nos tecidos periféricos. **(b)** O segundo grupo de células-tronco migra para o timo, onde divisões subseqüentes produzem células-filhas que amadurecem como linfócitos T. **(c)** Os linfócitos T maduros deixam a circulação, para fixarem-se temporariamente nos tecidos periféricos. Os três tipos de linfócitos circulam por todo o corpo através da corrente sangüínea.

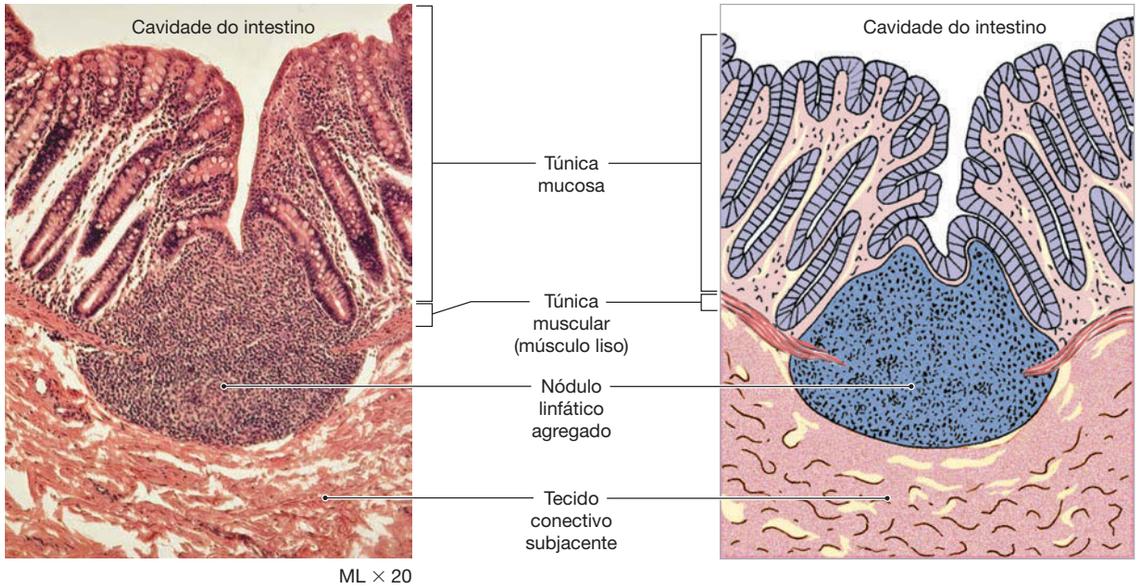
infecção por um vírus que destrói seletivamente os linfócitos T. Indivíduos portadores de SIDA podem morrer em decorrência de infecções virais ou bacterianas que seriam facilmente combatidas pelo sistema imunológico em condições normais.

Tecidos linfáticos [Figura 23.8]

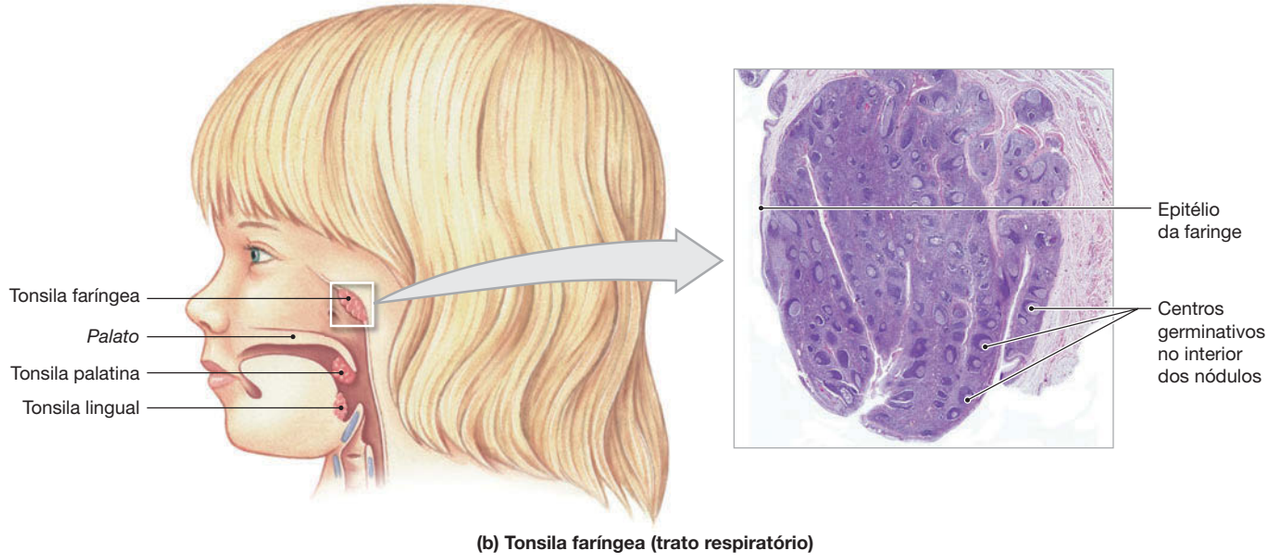
Os **tecidos linfáticos** são tecidos conectivos com predominância de linfócitos. No **tecido linfático difuso**, os linfócitos estão frouxamente agregados no interior do tecido conectivo da túnica mucosa dos tratos respiratório ou urinário. Os **nódulos linfáticos** são agregados de linfócitos contidos no interior de uma rede de fibras reticulares de sustentação. Os nódulos linfáticos são tipicamente de formato oval e são muitas vezes encontrados no interior da parede de vários segmentos do trato digestório, inclusive no íleo e na vesícula biliar (Figura 23.8a). Medem cerca de 1 milímetro de diâmetro, mas seus limites são pouco definidos porque não são revestidos por uma cápsula fibrosa. Freqüentemente possuem uma zona central pálida, denominada **centro germinativo**, que contém linfócitos ativados em divisão (Figura 23.8b).

O trato digestório tem uma extensa rede de variados tipos de nódulos linfáticos, coletivamente conhecidos como **tecido linfático associado à mucosa (MALT)**. Os grandes nódulos nas paredes da faringe são denominados **tonsilas** (Figura 23.8b). Os linfócitos agregados nas tonsilas reúnem-se e removem patógenos que penetram na faringe, tanto no ar inspirado quanto nos alimentos ingeridos. Geralmente existem cinco tonsilas:

- Uma **tonsila faríngea** única, freqüentemente denominada *adenóide*, localizada na parede póstero-superior da parte nasal da faringe.
- Um par de **tonsilas palatinas**, localizadas na margem posterior da cavidade oral, ao longo do limite entre a faringe e o palato mole.
- Um par de **tonsilas linguais**, que não são visíveis porque estão localizadas na base da língua.



(a) Nódulos linfáticos agregados (trato intestinal)



(b) Tonsila faríngea (trato respiratório)

Figura 23.8 Histologia dos tecidos linfáticos.
(a) Aparência histológica de um nódulo linfático isolado no intestino grosso. **(b)** A localização das tonsilas e a organização histológica de uma tonsila isolada.

Nota clínica

Nódulos linfáticos infectados Os nódulos linfáticos podem ser dominados por uma invasão patogênica. O resultado é uma infecção localizada acompanhada por edema regional e desconforto. As tonsilas constituem a primeira linha de defesa contra infecções nas paredes da faringe.

Um indivíduo com tonsilite apresenta tonsilas infectadas. Os sintomas incluem dor de garganta, febre alta e, freqüentemente, leucocitose (contagem de glóbulos brancos elevada, superior ao limite máximo do intervalo de normalidade). As tonsilas afetadas (em geral as tonsilas presentes na parede da faringe) tornam-se edemaciadas e inflamadas, muitas vezes aumentadas, a ponto de bloquear parcialmente a via respiratória, dificultando ou mesmo impossibilitando a respiração nos casos graves. Se a infecção prossegue, abscessos podem se desenvolver no interior dos tecidos tonsilares ou peritonsilares. As bactérias podem penetrar na corrente sangüínea passando através dos capilares e vasos linfáticos para o sistema venoso.

Nos estágios iniciais, os antibióticos podem controlar a infecção, porém, uma vez formados os abscessos, o melhor tratamento envolve a drenagem cirúrgica deles e a **tonsilectomia** (remoção da tonsila). A tonsilectomia era altamente recomendada antes do advento dos antibióticos como medida preventiva para infecções tonsilares recorrentes. O procedimento reduzia a incidência e a gravidade das infecções recorrentes, mas tem sido confrontado por questões que envolvem seu custo-benefício para o indivíduo, especialmente em função da atual disponibilidade de antibióticos para tratar infecções graves.

A **apendicite** geralmente se manifesta após uma erosão no revestimento epitelial do apêndice vermiforme. Alguns fatores podem ser responsáveis pela ulceração inicial – em especial patógenos bacterianos ou virais. As bactérias que normalmente habitam a cavidade do intestino grosso podem então atravessar o epitélio e penetrar no tecido subjacente. Ocorre a inflamação, e a abertura do apêndice vermiforme para o restante do trato intestinal pode ser estenosada. O aumento da secreção mucosa e a formação de pus distendem o órgão significativamente. Por fim, pode haver a ruptura ou perfuração espontânea do apêndice vermiforme edemaciado e inflamado. Nesta eventualidade, a bactéria é liberada no interior das margens aquecidas, escuras e úmidas do espaço peritoneal, podendo causar uma peritonite, com risco para a vida. O tratamento mais eficaz para a apendicite é a remoção cirúrgica do órgão, um procedimento conhecido como **apendicectomia**.

Aglomerados de nódulos linfáticos no revestimento mucoso do intestino delgado são conhecidos como **nódulos linfáticos agregados** ou *placas de Peyer*. Além disso, as paredes do *apêndice vermiforme*, uma bolsa com fundo cego que se origina nas proximidades da transição entre os intestinos delgado e grosso, apresentam uma massa de nódulos linfáticos aglomerados.

Os linfócitos no interior desses nódulos linfáticos nem sempre são capazes de destruir os agentes invasores bacterianos ou virais que conseguiram atravessar o epitélio do trato digestório, podendo haver o desenvolvimento de uma infecção local. Exemplos familiares incluem a *tonsilite* e a *apendicite*.

REVISÃO DOS CONCEITOS

1. Qual é o tipo mais comum de linfócito?
2. João apresenta uma infecção deflagrada por um determinado patógeno. Poucos meses depois, relativamente saudável, foi exposto ao mesmo patógeno. Ele adoecerá novamente? Sim ou não? Por quê?
3. Os linfócitos circulantes mantêm a capacidade de se dividir. Por que isso é importante?
4. Qual é o nome dado aos aglomerados de nódulos linfáticos encontrados na túnica mucosa de revestimento do intestino delgado?

Veja a seção de Respostas na parte final do livro.

Órgãos linfáticos

Os **órgãos linfáticos** estão separados dos tecidos circundantes por uma cápsula de tecido conectivo fibroso. Esses órgãos incluem os *linfonodos*, o *timo* e o *baço*.

Linfonodos [Figuras 23.1/23.4/23.9 a 23.14]

Os **linfonodos** são órgãos linfáticos pequenos, ovais, variando em diâmetro de 1 a 25 mm. O padrão geral de distribuição dos linfonodos no corpo pode ser observado na Figura 23.1, pág. 609. Cada linfonodo é recoberto por uma cápsula de tecido conectivo fibroso denso. Extensões fibrosas se projetam da cápsula para o interior do linfonodo. Essas extensões fibrosas são denominadas *trabéculas* (Figura 23.9).

Vasos sangüíneos e nervos penetram e saem do linfonodo através do **hilo** (Figura 23.9). Cada linfonodo apresenta dois tipos de vasos linfáticos: *aferentes* e *eferentes*. Os vasos linfáticos aferentes, que conduzem a linfa dos tecidos periféricos ao linfonodo, penetram na cápsula do lado oposto ao hilo. A linfa então flui lentamente através do linfonodo, no interior de uma rede de seios, os quais constituem vias de passagem abertas, com paredes incompletas. Chegando ao linfonodo, a linfa entra primeiramente no *seio subcapsular*, que contém uma rede de fibras reticulares ramificadas, macrófagos e *células foliculares dendríticas*. As **células foliculares dendríticas** coletam antígenos da linfa e os apresentam nas suas membranas celulares. Ao entrar em contato com estes antígenos ligados, os linfócitos T tornam-se ativados, iniciando desse modo uma resposta imune. Após ter passado pelo seio subcapsular, a linfa flui através do **córtex externo** do linfonodo. O córtex externo contém linfócitos B agregados a centros germinativos semelhantes àqueles dos nódulos linfáticos.

O fluxo da linfa continua através dos seios linfáticos no **córtex profundo** (*área paracortical*). Neste local, os linfócitos circulantes deixam a corrente sangüínea e entram no linfonodo, atravessando as paredes dos vasos sangüíneos no interior do córtex profundo. Na área cortical profunda predominam os linfócitos T.

Após fluir através dos seios do córtex profundo, a linfa continua para o interior do núcleo, ou **medula**, do linfonodo. A medula contém linfócitos B e plasmócitos, organizados em massas alongadas, conhecidas como **cordões medulares**. Após passar através de uma rede de seios na medula, a linfa entra nos vasos linfáticos eferentes no nível do hilo.

Os linfonodos funcionam como um filtro doméstico de água, purificando a linfa antes que ela atinja o sistema venoso. Pelo menos 99% dos antígenos presentes são removidos da linfa que chega e flui através do linfonodo. Macrófagos fixos nas paredes dos seios linfáticos fagocitam fragmentos ou patógenos da linfa durante seu fluxo pelo linfonodo. Os antígenos removidos nesta filtragem são então processados pelos macrófagos e "apresentados" aos linfócitos T circunvizinhos. Outros antígenos fixam-se às paredes das células foliculares dendríticas, onde podem estimular a atividade dos linfócitos T.

Os maiores linfonodos são encontrados onde os vasos linfáticos periféricos conectam-se ao tronco (Figura 23.4, pág. 612), em regiões como a base do pescoço (Figura 23.10), a axilar (Figura 23.11) e a inguinal (Figuras 23.12 a 23.14). Esses linfonodos são freqüentemente denomi-

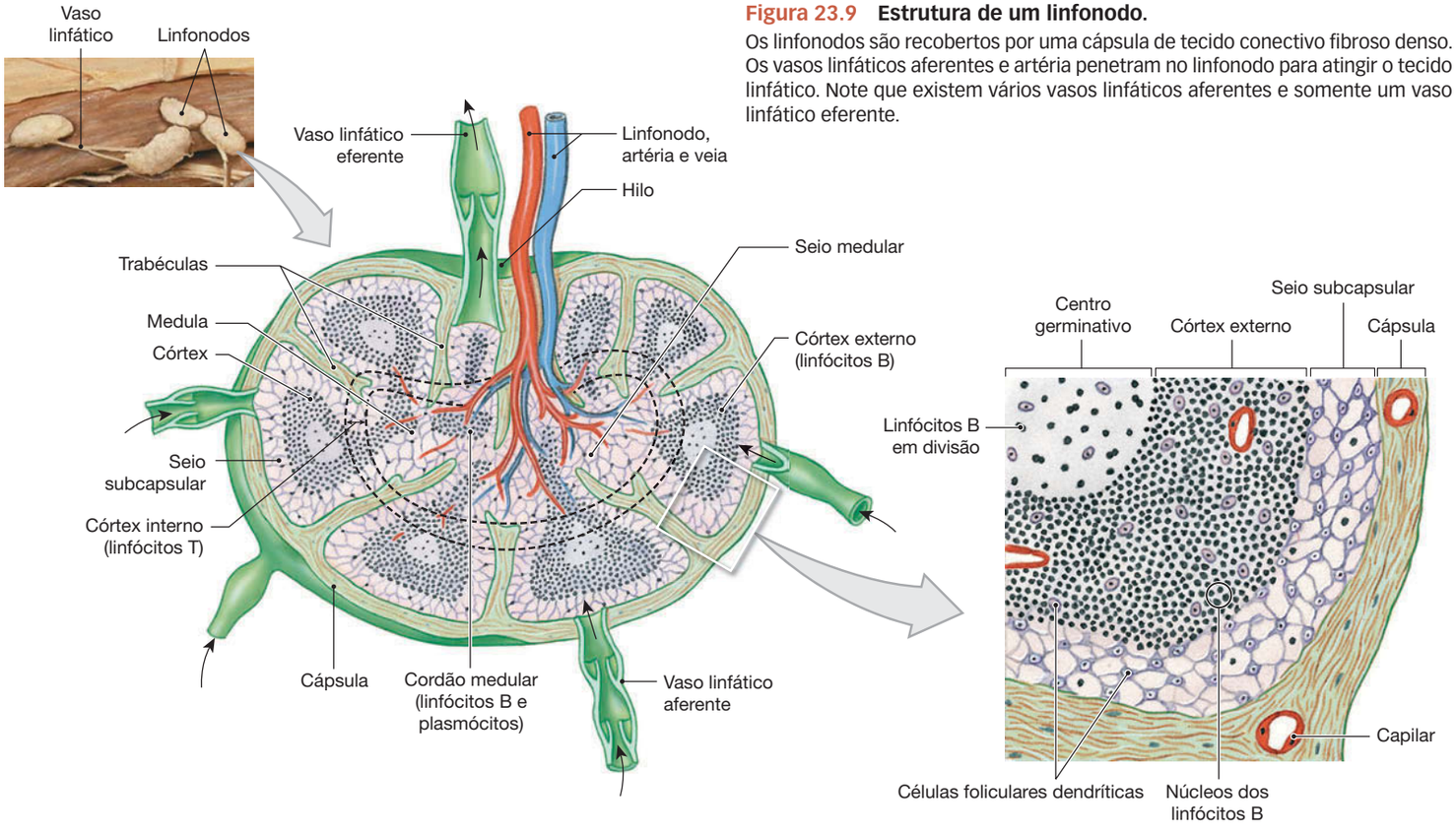


Figura 23.9 Estrutura de um linfonodo.
Os linfonodos são recobertos por uma cápsula de tecido conectivo fibroso denso. Os vasos linfáticos aferentes e artéria penetram no linfonodo para atingir o tecido linfático. Note que existem vários vasos linfáticos aferentes e somente um vaso linfático eferente.

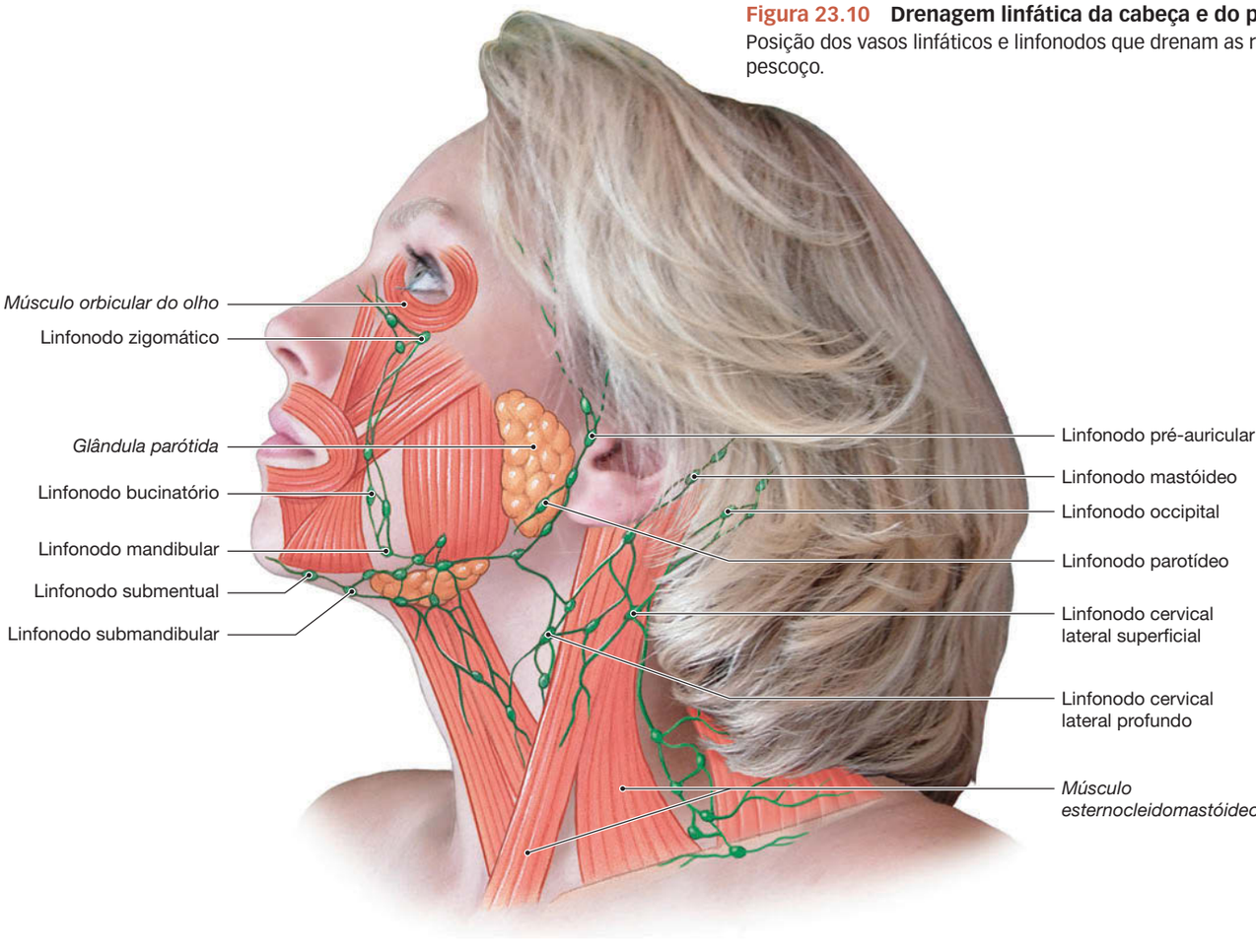


Figura 23.10 Drenagem linfática da cabeça e do pescoço.
Posição dos vasos linfáticos e linfonodos que drenam as regiões da cabeça e do pescoço.

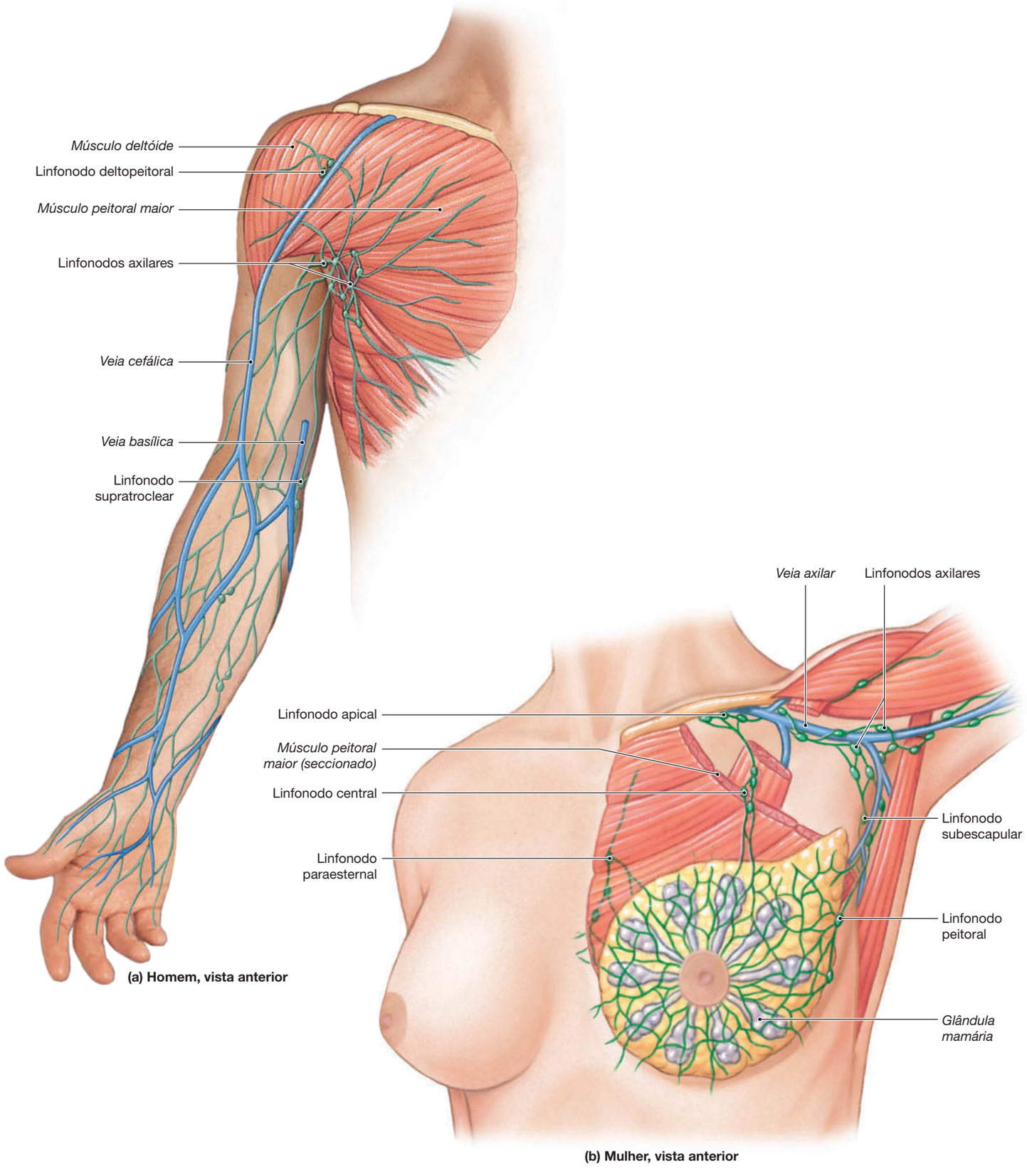


Figura 23.11 Drenagem linfática do membro superior.
(a) Vasos linfáticos e linfonodos superficiais que drenam o membro superior e o tórax do homem. **(b)** Vasos linfáticos e linfonodos superficiais e profundos do membro superior e do tórax da mulher.

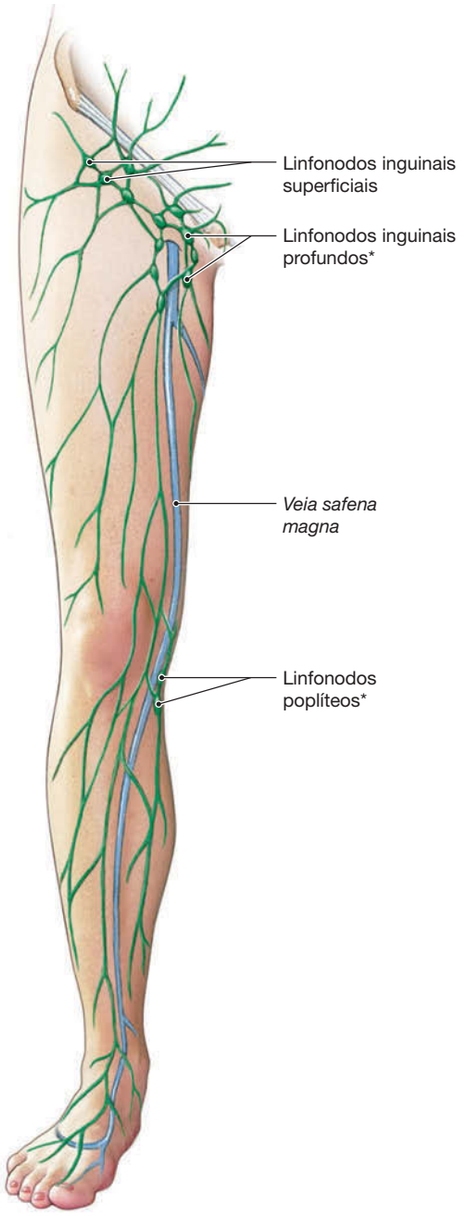


Figura 23.12 **Drenagem linfática do membro inferior.**

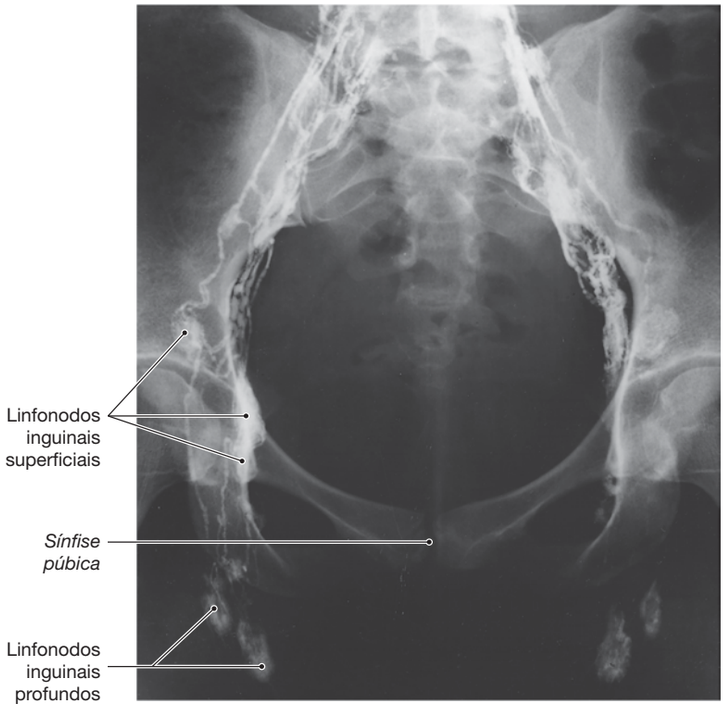


Figura 23.13 **Linfangiografia pélvica.**
Os vasos linfáticos e linfonodos podem ser visualizados em uma *linfangiografia*, uma imagem de raio X obtida após a introdução de um contraste radiopaco no sistema linfático.

nados "glândulas linfáticas". "Glândulas edemaciadas" em geral indicam inflamação ou infecção de estruturas periféricas. Densos grupamentos de linfonodos também são encontrados no mesentério intestinal, nas proximidades da traquéia e nas vias de passagem aos pulmões, e em associação com o ducto torácico.

Distribuição dos tecidos linfáticos e linfonodos [Figuras 23.4/23.10 a 23.15]

Os tecidos linfáticos e os linfonodos estão distribuídos em áreas particularmente suscetíveis a lesões ou invasões. Para fazer uma analogia, a fim de proteger uma casa contra invasões, é preciso estabelecer sistemas de alarme em todas as portas e janelas, e possivelmente manter um cão de guarda em seu interior. A distribuição dos tecidos linfáticos e dos linfonodos segue uma estratégia semelhante:

1. Os **linfonodos da cabeça e do pescoço** monitoram a linfa originária da cabeça e pescoço (Figura 23.10).
2. Os **linfonodos do membro superior**, "**linfonodos axilares**", filtram a linfa advinda dos membros superiores para o tronco (Figura 23.11a). Na mulher, os linfonodos axilares também drenam a linfa das glândulas mamárias (Figura 23.11b).
3. Os **linfonodos do membro inferior**, "**linfonodos poplíteos**", filtram a linfa advinda da perna para a coxa, e os "**linfonodos inguinais**" monitoram a linfa advinda dos membros inferiores para o tronco (Figuras 23.12 a 23.14).
4. Os **linfonodos do tórax** recebem a linfa advinda dos pulmões, das vias aéreas e das estruturas do mediastino (Figura 23.4, pág. 612).
5. Os **linfonodos do abdome** filtram a linfa advinda dos sistemas urinário e genital.
6. O tecido linfático das placas de Peyer, os **linfonodos ileocólicos**, e os **linfonodos mesentéricos** recebem a linfa originária do trato digestório (Figura 23.15).

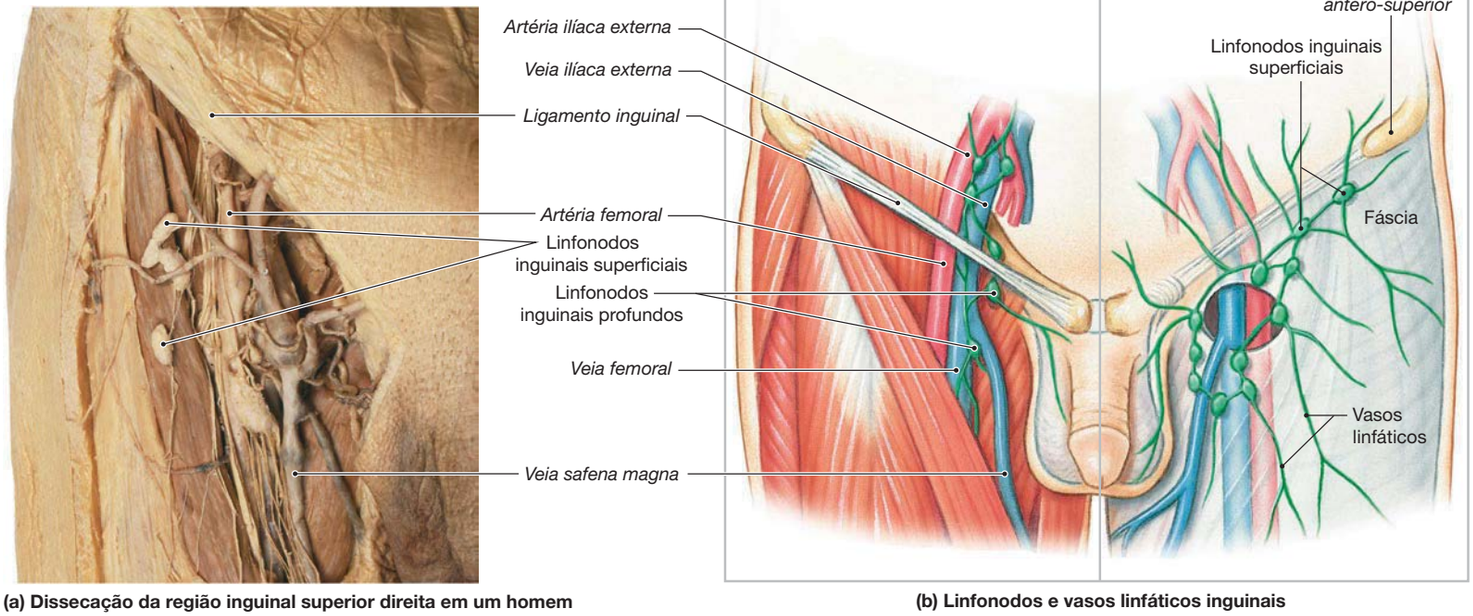
O timo [Figura 23.16]

O **timo** situa-se posteriormente ao manúbrio do esterno, no mediastino superior. Caracteriza-se por uma consistência nodular e coloração rósea. Ao término do primeiro ou segundo ano de vida da criança, o timo atinge seu tamanho proporcional máximo em relação ao tamanho do corpo, chegando ao seu tamanho máximo absoluto durante a puberdade, pesando entre 30 e 40 gramas. Depois disso, o timo diminui gradualmente de tamanho, e suas células funcionais vão aos poucos sendo substituídas por fibras de tecido conectivo. Este processo degenerativo é denominado *involução*.

A cápsula que o recobre divide-o nos dois **lobos do timo** (Figura 23.16a,b). As partições fibrosas, ou **septos**, se estendem a partir da cápsula para dividir os lobos em **lóbulos,** com aproximadamente 2 mm de largura (Figura 23.16b,c). Cada lóbulo consiste em um **córtex** externo

* N. de R.T. Os linfonodos inguinais profundos estão ao lado da veia femoral subjacente à fáscia lata; os linfonodos poplíteos estão situados na fossa poplítea junto à veia poplítea.

Figura 23.14 Drenagem linfática da região inguinal.
(a) Vista anterior de uma dissecação dos linfonodos e vasos linfáticos inguinais. **(b)** Vista superficial e profunda da região inguinal de um homem, mostrando a distribuição dos linfonodos e dos vasos linfáticos.



(a) Dissecação da região inguinal superior direita em um homem

(b) Linfonodos e vasos linfáticos inguinais

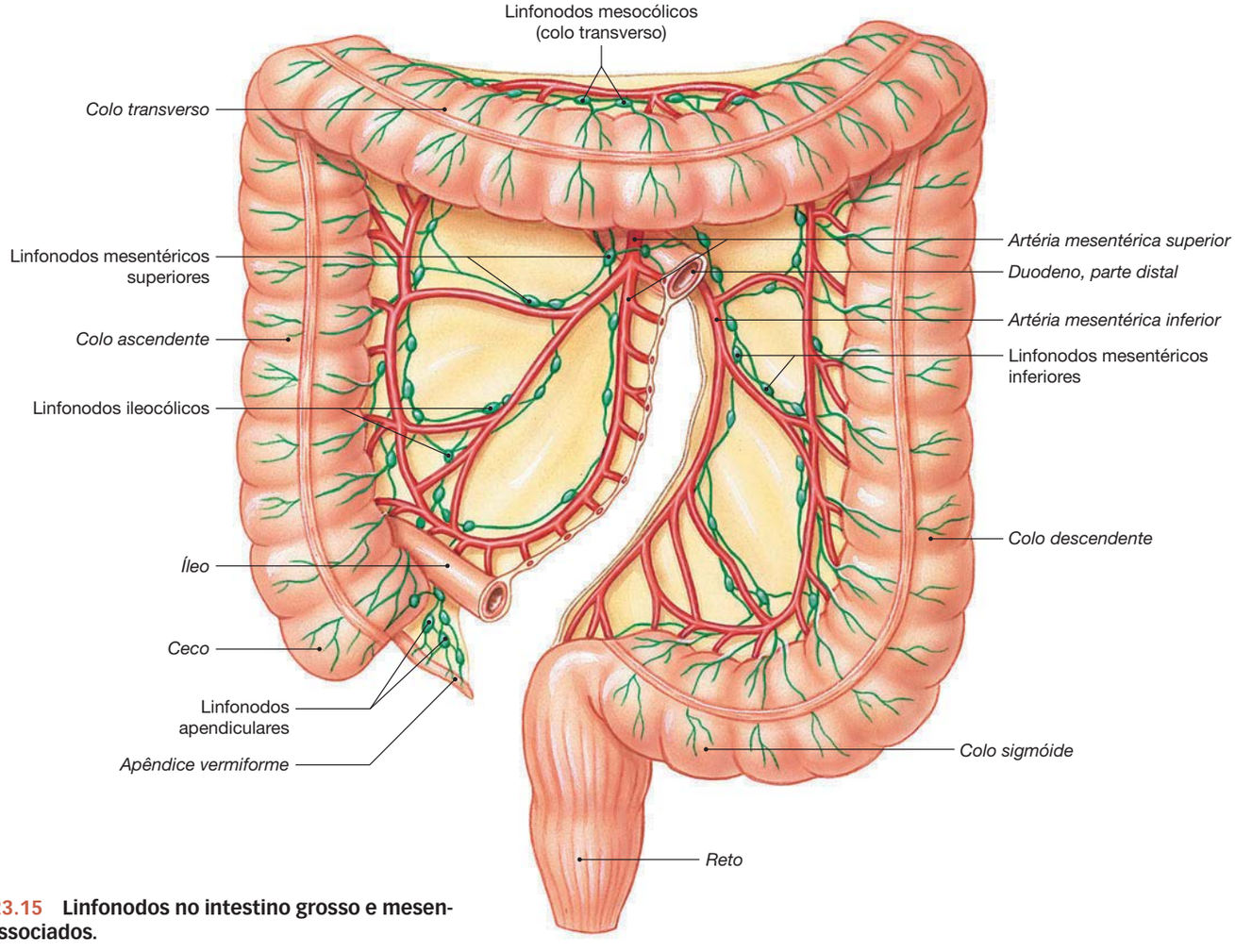


Figura 23.15 Linfonodos no intestino grosso e mesentérios associados.

Nota clínica

Linfadenopatia e câncer metastático Uma lesão pouco significativa normalmente produz um pequeno crescimento dos linfonodos ao longo dos vasos linfáticos que drenam a região. O crescimento em geral resulta de um aumento no número de linfócitos e fagócitos no linfonodo, em resposta a uma infecção localizada e de grau leve. Um crescimento crônico ou excessivo de linfonodos constitui uma **linfadenopatia**. Esta condição pode ocorrer em resposta à cicatrização de vasos linfáticos danificados; infecções virais, bacterianas ou parasitárias; ou câncer.

Os vasos linfáticos são encontrados na maioria das regiões do corpo, e os capilares linfáticos oferecem pouca resistência à passagem de células cancerosas. Como resultado, células metastáticas cancerosas muitas vezes se disseminam ao longo dos vasos linfáticos. Nestas circunstâncias, os linfonodos servem como estações migratórias para células cancerosas. Dessa maneira, a análise dos linfonodos pode oferecer informações importantes sobre a disseminação de células cancerosas, influenciando diretamente a seleção das terapias apropriadas. Um exemplo é a classificação do câncer de mama ou dos linfomas pelo grau de envolvimento dos linfonodos.

denso e uma **medula** central relativamente difusa e mais pálida. O córtex contém células-tronco linfáticas, que se dividem rapidamente produzindo células-filhas que amadurecem como linfócitos T e migram para o interior da medula. Durante o processo de maturação, quaisquer linfócitos T sensíveis a antígenos tissulares normais são destruídos. Os linfócitos T sobreviventes por fim penetram em um dos vasos sangüíneos especializados daquela região. Enquanto presentes no interior do timo, os linfócitos T não participam da resposta imunológica e permanecem inativos até entrarem na circulação geral. Os capilares do timo assemelham-se aos do SNC pelo fato de não permitirem a troca livre entre o líquido intersticial e a circulação. Esta **barreira hemato-tímica** evita a estimulação prematura dos linfócitos T em desenvolvimento pelos antígenos circulantes.

Dispersas por entre os linfócitos T encontram-se **células reticulares**. Tais células são responsáveis pela produção dos hormônios do timo e promovem a diferenciação dos linfócitos T funcionais. Na medula, essas células agrupam-se em camadas concêntricas, formando estruturas diferenciadas, conhecidas como **corpúsculos do timo ("corpúsculos de Hassall")** (Figura 23.16d), cuja função ainda é desconhecida.

O baço [Figura 23.17a]

O **baço** é o maior órgão linfático do corpo; mede aproximadamente 12 cm de comprimento e pesa cerca de 160 gramas. O baço situa-se ao longo da

Nota clínica

Linfomas Os **linfomas** são tumores malignos que consistem em linfócitos cancerosos ou células-tronco linfáticas. Cerca de 61.000 casos de linfoma são diagnosticados anualmente nos Estados Unidos. Existem vários tipos de linfomas. Uma forma, denominada *doença de Hodgkin*, responde por aproximadamente 13% de todos os casos de linfoma. A doença de Hodgkin incide mais comumente em indivíduos de 15 a 35 anos de idade, ou acima dos 50 anos. A razão para este padrão de incidência é desconhecida. Ainda que a causa da doença seja incerta, agentes infecciosos (provavelmente um vírus) podem estar envolvidos.

Outros tipos de linfomas costumam ser agrupados sob o título de **linfoma não-Hodgkin (LNH)** e são extremamente variados. Mais de 85% dos casos de LNH estão associados a anomalias cromossômicas das células tumorais, tipicamente envolvendo translocações (segmentos genéticos apresentam-se permutados entre cromossomos). Esta troca dos genes de um cromossomo para outro interfere nos mecanismos reguladores normais, e as células crescem de maneira descontrolada (tornam-se cancerosas). Por exemplo, uma forma denominada **linfoma de Burkitt** se desenvolve a partir da translocação de genes do cromossomo 8 para o cromossomo 14. (Existem pelo menos três variações.) O linfoma de Burkitt afeta principalmente crianças do sexo masculino na África e na Nova Guiné, onde ocorreram surtos infecciosos do *vírus Epstein-Barr (VEB)*. Esse vírus altamente variável também é responsável pela mononucleose infecciosa.

O VEB infecta os linfócitos B, mas, sob circunstâncias normais, muitas células infectadas são destruídas pelo sistema imunológico. O vírus afeta muitas pessoas, e as crianças expostas geralmente desenvolvem imunidade prolongada. Crianças que desenvolvem o linfoma de Burkitt podem apresentar suscetibilidade genética à infecção pelo VEB. O primeiro sintoma geralmente associado a qualquer linfoma é um aumento de tamanho dos linfonodos, que ocorre de modo indolor. Os linfonodos envolvidos apresentam uma textura firme, semelhante à de uma borracha. Devido à ausência de dor no processo de crescimento dos linfonodos, a condição é tipicamente negligenciada até que progrida o suficiente a ponto de gerar sintomas secundários, como febre recorrente, suores noturnos, problemas gastrintestinais ou respiratórios ou perda de peso. Nos estágios mais avançados da doença, os sintomas podem incluir hipertrofia do fígado ou do baço, distúrbios do sistema nervoso central, pneumonia, uma variedade de alterações de pele e anemia.

O fator mais importante a ser considerado para a seleção do tratamento é o estágio da doença. Quando a condição é diagnosticada precocemente (estágio I ou estágio II), as terapias localizadas podem ser eficazes. Poucos linfomas são diagnosticados nos estágios iniciais. Por exemplo, somente de 10 a 15% dos LNH são diagnosticados nos estágios I ou II. Para os linfomas em estágios III e IV, a maioria dos tratamentos envolve quimioterapia. O tratamento mais efetivo é a quimioterapia combinada, na qual duas ou mais drogas são administradas simultaneamente.

O **transplante de medula óssea**, ou **transplante hematológico de células-tronco**, é uma opção de tratamento para linfomas agudos em estágio avançado. Quando doadores compatíveis de células-tronco de medula estão disponíveis, o paciente recebe irradiação em todo o corpo, quimioterapia ou combinações das duas terapias, de modo a eliminar as células tumorais em todo o corpo, o que infelizmente também destrói as células-tronco normais da medula óssea. As células-tronco doadas são infundidas e, dentro de aproximadamente duas semanas, as células doadas colonizam a medula óssea e começam a produzir novas células sangüíneas.

As complicações potenciais do transplante de células-tronco incluem o risco de infecções e sangramento durante o período de estabelecimento da medula doada. Para uma pessoa com linfoma no estágio I ou no estágio II, sem envolvimento de medula óssea, a medula óssea pode ser removida e armazenada (resfriada) por mais de 10 anos. No caso de insucesso de outras opções de tratamento ou se não houver remissão da doença durante um longo período de tempo, um transplante autólogo de medula pode ser indicado.

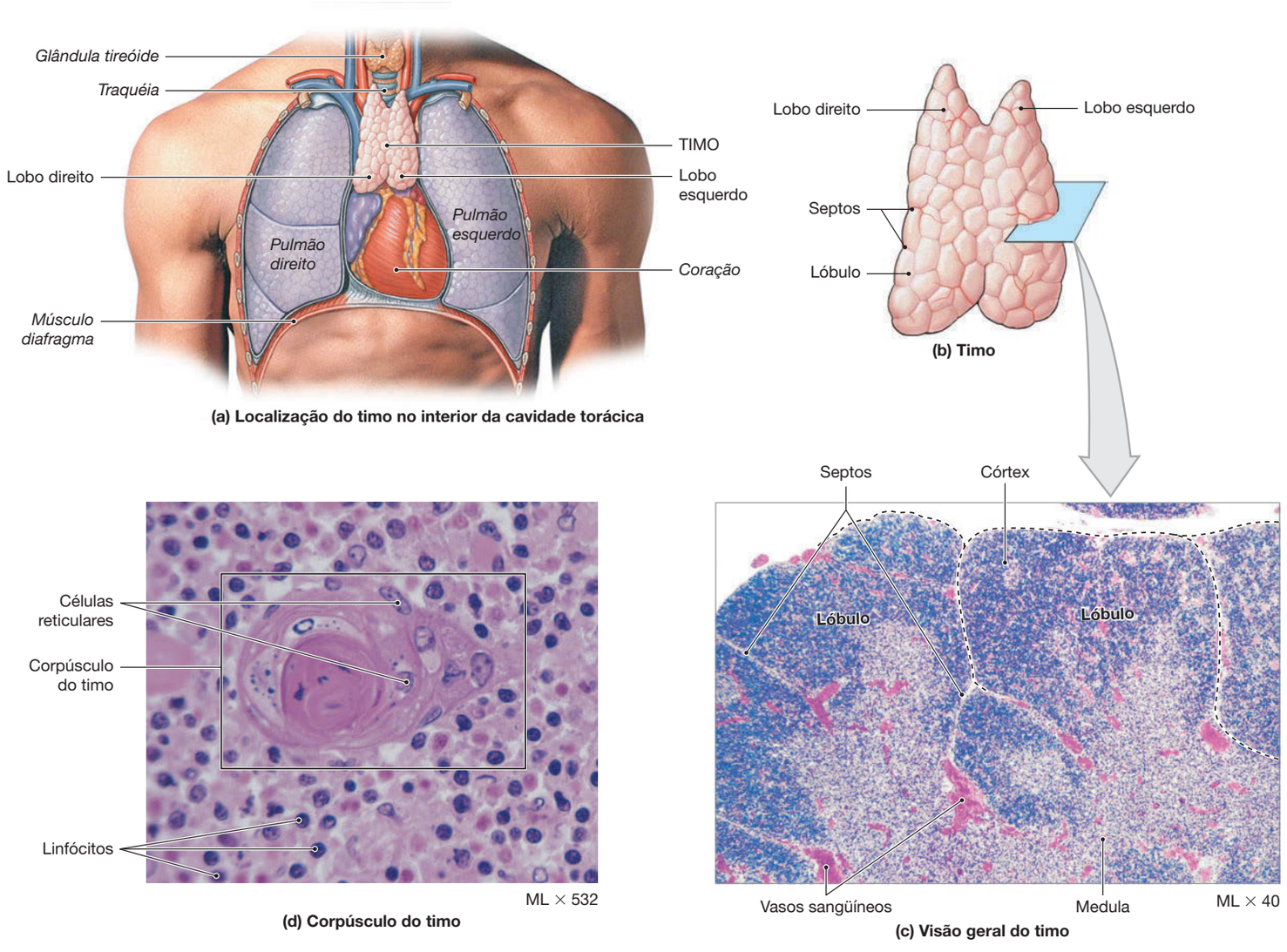


Figura 23.16 Organização anatômica e histológica do timo.
(a) A localização do timo na dissecação anatômica macroscópica; observe as relações com os outros órgãos do tórax. **(b)** Referências anatômicas no timo. **(c)** Histologia do timo. Note o septo fibroso que divide o tecido do timo em lóbulos, interconectados, semelhantes aos linfonodos. As linhas pontilhadas acompanham os limites de um lóbulo único. **(d)** Histologia da estrutura diferenciada dos corpúsculos do timo. As células pequenas nesta imagem são linfócitos em vários estágios de desenvolvimento.

curvatura maior do estômago, estendendo-se entre a nona e a décima primeira costela, do lado esquerdo. O baço liga-se à curvatura maior do estômago por uma larga prega peritoneal, o **ligamento gastroesplênico** (Figura 23.17a).

Macroscopicamente, o baço apresenta coloração vermelha escura devido ao sangue nele contido. O baço desempenha funções relacionadas ao sangue comparáveis às funções dos linfonodos em relação à linfa. As funções do baço incluem (1) a remoção de células sangüíneas anômalas e de outros componentes sangüíneos através da fagocitose, (2) o armazenamento do ferro reciclado a partir de células sangüíneas destruídas e (3) a iniciação da resposta imunológica pelos linfócitos B e T em resposta a antígenos circulantes no sangue.

Superfícies do baço [Figura 23.17]

O baço apresenta consistência macia, e seu formato reflete sua relação com as estruturas adjacentes. O baço se encaixa entre o estômago, o rim esquerdo e o músculo diafragma. A **face diafragmática** (Figura 23.17a) do baço é lisa e convexa, acompanhando o formato da parede corporal e do músculo diafragma. A **face visceral** (Figura 23.17b) contém reentrâncias que acompanham o formato do músculo estômago (a **face gástrica**) e do rim (a **face renal**). Os vasos sangüíneos e linfáticos esplênicos se comunicam com o baço na face visceral, por meio do **hilo**, uma incisura que marca a margem entre as faces gástrica e renal. A **artéria esplênica**, a **veia esplênica** e os vasos linfáticos que drenam o baço atravessam o hilo.

Histologia do baço [Figura 23.17c]

O baço é envolvido por uma cápsula que contém fibras colágenas e elásticas. Os componentes celulares internos constituem a **polpa esplênica** (Figura 23.17c). A **polpa vermelha** é formada pelos *cordões esplênicos* que contêm grandes quantidades de glóbulos vermelhos, e a **polpa branca**, pelos nódulos linfáticos. A artéria esplênica penetra no hilo e

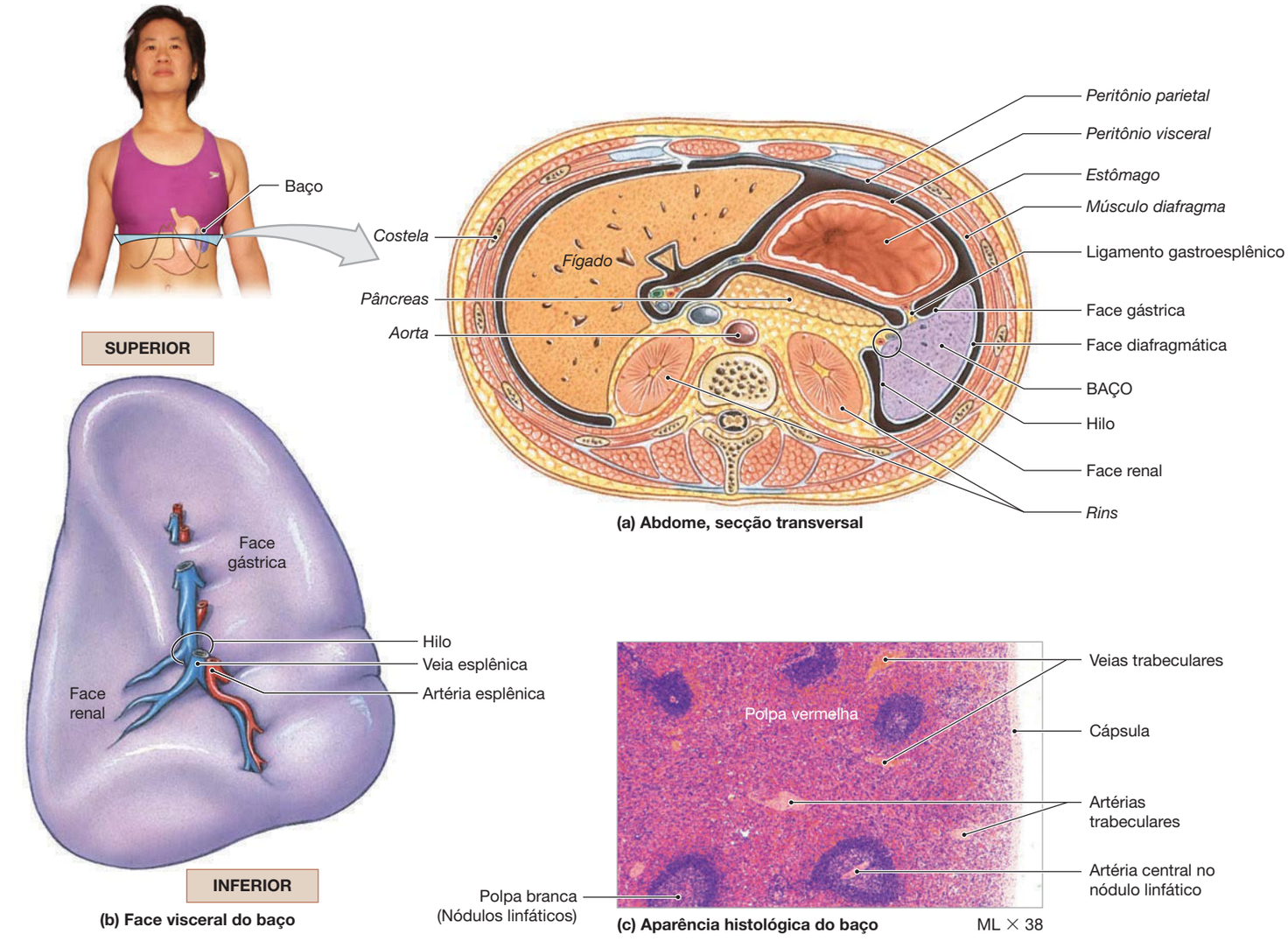


Figura 23.17 Organização anatômica e histológica do baço.
(a) A forma do baço acompanha levemente as formas dos órgãos adjacentes. Esta secção transversal do tronco mostra a posição típica do baço no interior da cavidade abdominopélvica (vista inferior). **(b)** Aparência externa da superfície visceral de um baço intacto, mostrando os maiores limites anatômicos. Esta vista pode ser comparada com aquela da parte (a). **(c)** Aparência histológica do baço. Áreas da polpa branca têm predominância de linfócitos. Eles aparecem azuis ou vermelhos porque os núcleos dos linfócitos se tingem muito fortemente. Áreas da polpa vermelha têm predominância de células vermelhas.

se ramifica para produzir numerosas artérias que se irradiam perifericamente, em direção à cápsula. Estas **artérias trabeculares** ramificam-se intensamente, e seus ramos arteriolares são envolvidos por áreas de polpa branca. Os capilares então liberam o sangue nos seios venosos da polpa vermelha.

A população celular da polpa vermelha inclui todos os componentes normais do sangue circulante, além de macrófagos fixos e livres. A estrutura da polpa vermelha consiste em uma rede de fibras reticulares. O sangue passa através dessa rede e penetra nos grandes sinusóides, também revestidos por macrófagos fixos. Os sinusóides se esvaziam nas pequenas veias, e estas finalmente se fundem para formar as **veias trabeculares**, que continuam em direção ao hilo.

Esta organização circulatória confere aos fagócitos do baço a oportunidade de identificar e fagocitar quaisquer células danificadas ou infectadas no sangue circulante. Os linfócitos encontram-se dispersos por toda a polpa vermelha, e a região que circunda cada área da polpa branca apresenta uma elevada concentração de macrófagos. Dessa forma, quaisquer microrganismos ou componentes anômalos no plasma são rapidamente detectados pelos linfócitos esplênicos.

Resumo de embriologia

Para um resumo do desenvolvimento do sistema linfático, consulte o Capítulo 28 (Embriologia e Desenvolvimento Humano).

REVISÃO DOS CONCEITOS

1. Por que é importante que a linfa encontre os linfócitos T antes dos linfócitos B?
2. Quais são os aspectos mais importantes a respeito da disposição de linfonodos?
3. O que é a barreira hemato-tímica dos capilares do timo?
4. Por que os linfonodos aumentam de volume durante uma infecção?

Veja a seção de Respostas na parte final do livro.

Envelhecimento e sistema linfático

Com o avanço da idade, o sistema linfático torna-se menos efetivo no combate às doenças. Os linfócitos T tornam-se menos responsivos aos antígenos; como resultado, um número menor de linfócitos T citotóxicos responde a uma infecção. Como o número de linfócitos T auxiliares diminui, os linfócitos B também se tornam menos responsivos, e os níveis de anticorpos levam mais tempo para aumentar mediante a exposição aos antígenos. O resultado final é uma suscetibilidade aumentada às infecções. Por essa razão, a vacinação para doenças virais agudas (como a decorrente de infecção pelo vírus da influenza) é recomendada para idosos. A incidência aumentada de câncer em indivíduos idosos reflete o declínio da função de vigilância do sistema linfático, que perde eficiência na atividade de eliminação de células tumorais.

Caso clínico — O SISTEMA LINFÁTICO

ESTOU COM SENSAÇÃO DE "FALTA DE AR". O QUE ESTÁ ACONTECENDO COMIGO?

Jane é mãe de dois filhos, tem 46 anos, é casada e mora na Califórnia. Toda a sua família tem o hábito de realizar grandes passeios de bicicleta e caminhadas durante os finais de semana. Ultimamente, Jane tem apresentado dificuldades ocasionais para acompanhar as caminhadas em família nas montanhas. Ela também notou uma sensação de fadiga generalizada e um aumento da ocorrência de dores no peito à inspiração profunda – particularmente durante a realização de atividade física. Durante a noite, ela apresenta uma sensação de opressão respiratória, como se não fosse conseguir realizar uma inspiração profunda, sentindo-se freqüentemente compelida a sentar-se para respirar mais profundamente e voltar a dormir. Jane mencionou o fato ao médico durante sua última consulta anual, mas ele não observou anomalias clínicas durante o exame físico, a ausculta do coração e dos pulmões, tomada de pulso, pressão arterial e exame da respiração. Após a consulta houve uma discussão a respeito da possibilidade de se solicitar uma radiografia de tórax, porém, na ausência de histórico de tabagismo ou de quaisquer ruídos respiratórios anormais, Jane e seu médico optaram por observar a evolução dos sintomas e não tomar medida alguma a menos que o problema progredisse.

Alguns meses depois, Jane contraiu uma infecção respiratória, apresentando coriza e tosse. Tendo se recuperado totalmente dentro de poucos dias, com alimentação leve e substanciosa e bastante repouso, ela diminuiu suas atividades diárias. No início de uma manhã de domingo, apesar da diminuição da atividade física, Jane acordou com dor na região do tórax e sensação de opressão respiratória seguida de sensação de desmaio. Ao se sentar, os sintomas foram um pouco aliviados. Jane e seu marido procuraram uma clínica de cuidados de urgência na primeira hora da manhã.

Exame inicial

O médico da clínica de cuidados de urgência observou:

- Pressão arterial, níveis de HDL e LDL dentro dos limites de normalidade, não havendo modificação alguma nos últimos cinco anos, inclusive em seu mais recente exame médico.
- A pressão arterial é de 112/76.
- O ECG (eletrocardiograma) não evidencia isquemia coronariana nem infarto.
- A paciente não tem histórico familiar de problemas cardíacos nem de acidentes vasculares.
- A paciente queixa-se de fadiga generalizada, cuja duração e intensidade aumentaram nos últimos cinco meses.
- A paciente refere ter experimentando dor generalizada na região do tórax, além de sensação de "sufocamento", opressão respiratória e sensação de desmaio.

O médico solicita a realização de uma radiografia de tórax na posição ântero-posterior. A radiografia revela um mediastino alargado e uma opacidade no mediastino anterior (**Figura 23.18**). Jane é imediatamente transferida ao hospital local para investigação adicional.

Exames subseqüentes

O médico do hospital revê os achados clínicos detectados pelo colega da clínica de cuidados de urgência e solicita uma ressonância magnética. A ressonância magnética revela:

- Presença de uma grande massa no mediastino anterior.
- A massa parece pressionar o coração e a região de bifurcação da traquéia.

Jane é submetida a uma cirurgia para remoção da massa do interior do mediastino.

Pontos a considerar

Ao estudar o caso, revise o Capítulo 23. As questões a seguir servirão como roteiro para a sua revisão. Pense e responda a cada uma:

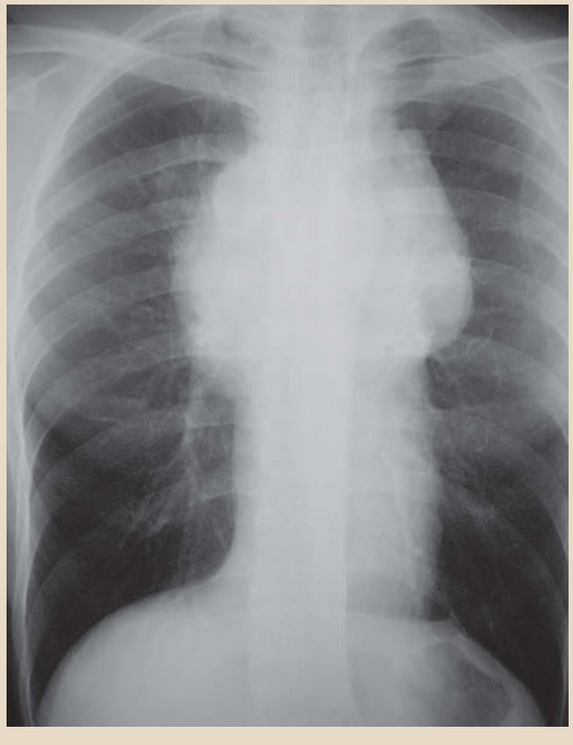


Figura 23.18 **Radiografia de Jane.**

Caso clínico (*continuação*)

1. Onde está localizado o mediastino?
2. Que estruturas anatômicas estão localizadas no mediastino?
3. Jane tem notado pioras ao longo do último ano. O que contribuiu para a intensificação dos sintomas?

Análise e interpretação

As informações a seguir respondem as questões levantadas na seção "Pontos a considerar". Para rever o material, retorne às páginas indicadas pelos ícones.

1. O mediastino se estende desde a abertura torácica superior até o músculo diafragma e desde o esterno, anteriormente, até as vértebras torácicas, posteriormente. ∞ págs. 18-19
2. O mediastino contém a traquéia, o esôfago, o saco pericárdico, o coração e grandes vasos, o timo e linfonodos do tórax. O mediastino é também via de passagem para estruturas como o esôfago, o ducto torácico e componentes do sistema nervoso, que fazem trajeto da cavidade torácica para o interior da cavidade abdominal. ∞ págs. 18-20
3. À medida que uma massa no mediastino aumenta em tamanho, pressiona as várias estruturas no seu interior. A pressão aumentada sobre a traquéia, os brônquios e os pulmões causa a dificuldade respiratória e a sensação de sufocamento; já a pressão sobre o coração e grandes vasos da cavidade torácica causa a sensação de desmaio.

Diagnóstico

Jane é diagnosticada como tendo um linfoma torácico (mediastinal). Um crescimento tumoral sólido de linfócitos pode resultar em uma linfadenopatia benigna (não-cancerosa), ou em um linfoma maligno, um tumor canceroso envolvendo um ou mais linfonodos do corpo. Os linfomas malignos são classificados como **doença de Hodgkin (DH)** ou **linfoma não-Hodgkin (LNH)**. A cavidade torácica está envolvida em 85% dos casos de DH e em 45% dos casos de LNH.

Linfoma não-Hodgkin é um termo utilizado para uma variedade de cânceres. Os linfomas não-Hodgkin são muitas vezes classificados pelo tipo de célula que está envolvido na formação do tumor maligno, como linfomas de linfócitos B ou T. Em 2007, o LNH foi responsável por cerca de 4% de todos os cânceres recentemente diagnosticados nos Estados Unidos. A incidência de LNH aumenta em pacientes que tomam drogas imunossupressoras e em indivíduos infectados pelo HIV. Por motivos desconhecidos, nos últimos 20 anos, uma incidência aumentada de LNH tem sido observada em mulheres. Avanços na quimioterapia e na radioterapia têm prolongado o tempo de sobrevida de todos os pacientes com LNH, atingindo um índice relativo de sobrevida de cinco anos em 63% dos casos. ■

TERMOS DO CASO CLÍNICO

ECG (eletrocardiograma): Registro gráfico dos potenciais de ação do coração, obtido por eletrodos colocados na pele do paciente.

HDL (lipoproteínas de alta densidade): Um tipo de lipoproteína encontrado no sangue, cuja principal função é o transporte do colesterol para o fígado para excreção na bile.

LDL (lipoproteínas de baixa densidade): Um tipo de lipoproteína encontrado no sangue, cuja principal função é transportar o colesterol a outros tecidos (que não o fígado).

Leucemia: Um tipo de câncer caracterizado pela proliferação progressiva de leucócitos anômalos na medula óssea e em outros tecidos hematopoiéticos, resultando em um número aumentado de leucócitos no sangue e em outros tecidos do corpo.

Linfadenopatia: Qualquer doença que afeta um ou mais linfonodos.

Linfoma de linfócitos B (leucemia de linfócitos B): Um tumor linfático canceroso resultante de crescimento e multiplicação anormais dos linfócitos B.

Linfoma de linfócitos T (leucemia de linfócitos T): Um tumor linfático canceroso resultante de crescimento e multiplicação anômalos dos linfócitos T.

TERMOS CLÍNICOS

Alergia: Resposta inadequada ou excessiva a antígenos.

Apendicite: Inflamação do apêndice vermiforme; muitas vezes exige tratamento cirúrgico (*apendicectomia*).

Doença auto-imune: Doença caracterizada pela resposta imunológica inadequada a células e tecidos normais do corpo.

Doença grave por imunodeficiências combinadas (DGIC): Condição congênita na qual o indivíduo não consegue desenvolver a imunidade celular nem a imunidade humoral devido à ausência de linfócitos B e T normais.

Doença por imunodeficiência: Doença que envolve falha no desenvolvimento normal do sistema imunológico ou algum tipo de bloqueio da resposta imunológica.

Esplenectomia: Remoção cirúrgica do baço, geralmente após sua ruptura.

Esplenomegalia: Crescimento do baço, muitas vezes causado por infecção, inflamação ou câncer.

Linfadenopatia: Crescimento excessivo ou crônico dos linfonodos.

Linfomas: Cânceres malignos consistindo em linfócitos anômalos ou células-tronco linfáticas anômalas; incluem a doença de Hodgkin e os linfomas não-Hodgkin.

Lúpus eritematoso sistêmico (LES): Condição resultante de desarranjo generalizado no mecanismo de reconhecimento de antígenos.

Síndrome da imunodeficiência adquirida (SIDA) [*acquired immune deficiency syndrome* – AIDS]: Doença que se desenvolve a partir da infecção pelo HIV, caracterizada por população reduzida de linfócitos T e diminuição da imunidade celular.

Tonsilectomia: Remoção de tonsila infectada para eliminar os sintomas de **tonsilite**.

RESUMO PARA ESTUDO

Introdução 609

1. As células, tecidos e órgãos do *sistema linfático* exercem um papel central nas defesas do corpo contra vírus, bactérias e outros microrganismos.

Uma visão geral do sistema linfático 609

1. O **sistema linfático** inclui uma rede de vasos linfáticos que transportam a **linfa** (um líquido semelhante ao plasma, mas com uma concentração

menor de proteínas). Vários órgãos e tecidos linfáticos estão interconectados pelos vasos linfáticos. (*ver Figuras 23.1/23.2*)

Funções do sistema linfático 609

2. O sistema linfático produz, mantém e distribui os linfócitos (células que atacam organismos invasores, células anômalas e proteínas estranhas). O sistema também ajuda a manter o volume sangüíneo e eliminar as variações locais na composição do líquido intersticial. As estruturas linfáticas podem ser classificadas como *primárias* (contendo células-tronco) ou *secundárias* (contendo linfócitos imaturos ou ativados).

Estrutura dos vasos linfáticos 610

Capilares linfáticos 610

1. **Vasos linfáticos**, ou *linfáticos*, conduzem a linfa desde os tecidos periféricos até o sistema venoso. A linfa flui ao longo de uma rede de vasos linfáticos que se originam nos **capilares linfáticos** (*terminais linfáticos*). As células endoteliais de um capilar linfático se sobrepõem para atuar como válvulas unidirecionais, evitando que o líquido retorne para os espaços intercelulares. (*ver Figura 23.2b*)

Válvulas dos vasos linfático 611

2. Os vasos linfáticos contêm numerosas válvulas internas para prevenir o refluxo da linfa.

Principais vasos linfáticos coletores 611

3. Dois grupos de vasos linfáticos coletam linfa dos capilares linfáticos: os **vasos linfáticos superficiais** e os **vasos linfáticos profundos**. Os vasos linfáticos se esvaziam no **ducto torácico** e no **ducto linfático direito**. (*ver Figuras 23.2 a 23.5*)

Linfócitos 613

Tipos de linfócitos 613

1. Existem três tipos diferentes de linfócitos: **linfócitos T** ou **células T** (timo-dependentes), **linfócitos B** ou **células B** (derivados da medula óssea), e **linfócitos NK** ou **células NK** (*natural killer*). (*ver Figuras 23.6/23.7)*
2. Os **linfócitos T citotóxicos** atacam células estranhas ou corpos celulares infectados por vírus; produzem **imunidade mediada por células.** Os *linfócitos T reguladores* (**auxiliares** e **supressores**) regulam e coordenam a resposta imunológica, enquanto os **linfócitos T de memória** permanecem em "latência". (*ver Figura 23.6*)
3. Os linfócitos B podem diferenciar-se em **plasmócitos**, que produzem e secretam *anticorpos* que reagem com alvos químicos específicos, ou **antígenos**. Os anticorpos nos líquidos corporais são denominados **imunoglobulinas**. Os linfócitos B são responsáveis pela **imunidade mediada por anticorpos**. Os **linfócitos B de memória** são ativados na eventualidade de novo contato com o antígeno. *(ver Figura 23.6)*
4. Linfócitos NK (também chamados de *linfócitos granulares grandes*) atacam células estranhas, células normais infectadas por vírus e células cancerosas; propiciam a **vigilância imunológica**.

Linfócitos e a resposta imunológica 614

5. O objetivo da **resposta imunológica** é a destruição ou inativação de patógenos, células anômalas e moléculas estranhas, como toxinas. Os antígenos são fagocitados pelos macrófagos, que apresentam esses antígenos aos linfócitos T, os quais começam, então, a se diferenciar. Os milhões de linfócitos diferentes conservam a capacidade de se dividir, fazendo com que o corpo esteja preparado para qualquer antígeno. A capacidade de reconhecer o antígeno é chamada de *imunocompetência. (ver Figura 23.6)*

Distribuição e tempo de vida dos linfócitos 615

Linfopoese: produção de linfócitos 615

6. Os linfócitos migram continuamente para dentro e para fora do sangue, através dos tecidos e órgãos linfáticos e, em geral, possuem uma vida média relativamente longa. A **linfopoese** (produção de linfócitos) envolve a medula óssea, o timo e os tecidos linfáticos periféricos. (*ver Figura 23.7*)

Tecidos linfáticos 616

1. **Tecidos linfáticos** são tecidos conectivos com predominância de linfócitos. No **nódulo linfático**, os linfócitos estão agrupados em uma área de tecido conectivo frouxo. Nódulos linfáticos importantes são os **nódulos linfáticos agregados** situados na mucosa intestinal, o *apêndice vermiforme* e as **tonsilas** nas paredes da faringe. (*ver Figura 23.8*)

Órgãos linfáticos 617

1. **Órgãos linfáticos** importantes incluem os *linfonodos, o timo* e o *baço. (ver Figuras 23.1/23.9 a 23.15)*

Linfonodos 617

2. **Linfonodos** são massas de tecido linfático encapsuladas. O **córtex interno** apresenta predominância de linfócitos T; o **córtex externo** e **a medula** contêm linfócitos B dispostos em **cordões medulares**. As "**glândulas linfáticas"** são os maiores linfonodos, encontrados nos locais onde os linfáticos periféricos conectam-se ao tronco. (*ver Figuras 23.1/23.9 a 23.15)*
3. Tecidos linfáticos e linfonodos estão localizados em áreas particularmente suscetíveis a lesões ou invasão por microrganismos.
4. Os **linfonodos da cabeça e do pescoço**, os **linfonodos axilares**, os **linfonodos poplíteos**, os **linfonodos inguinais**, os **linfonodos do tórax**, os **linfonodos do abdome**, os **linfonodos ileocólicos** e os **linfonodos mesentéricos** protegem as áreas vulneráveis do corpo. (*ver Figuras 23.4/23.5/23.10 a 23.15)*

O timo 620

5. O **timo** está situado posteriormente ao manúbrio, no mediastino superior. **Células epiteliais** dispersas por entre os linfócitos produzem os hormônios do timo. Esses hormônios promovem a diferenciação dos linfócitos T. A **barreira hemato-tímica** impede as trocas livres entre o líquido intersticial e a circulação, evitando a ativação prematura dos linfócitos T. Após a puberdade, o timo diminui gradualmente de tamanho, um processo denominado *involução. (ver Figura 23.16)*

O baço 622

6. O **baço** adulto contém as maiores massas de tecido linfático no corpo. O baço desempenha, para o sangue, função análoga à dos linfonodos para a linfa. A **face diafragmática** do baço contrapõe-se ao músculo diafragma; a **face visceral** contrapõe-se ao estômago e ao rim e apresenta uma reentrância, denominada **hilo**. Os componentes celulares formam a **polpa esplênica**. A **polpa vermelha** contém grande número de glóbulos vermelhos, e as áreas da **polpa branca** assemelham-se aos linfonodos. Os linfócitos encontram-se dispersos por toda a polpa vermelha, e a região que circunda a polpa branca apresenta elevada concentração de macrófagos. (*ver Figura 23.17*)

Envelhecimento e sistema linfático 625

1. Com o envelhecimento, ocorre uma diminuição da eficiência do sistema imunológico no combate às doenças.

REVISÃO DO CAPÍTULO

Para respostas às questões da Revisão dos Conceitos e Revisão do Capítulo, veja a seção de Respostas na parte final do livro.

Nível 1 – Revisão de fatos e termos

Associe cada item numerado com a letra do item que melhor se relaciona. Utilize letras para as respostas nos espaços apropriados.

Coluna A	Coluna B
__ 1. plasmócitos	a. vasos linfáticos terminais
__ 2. baço	b. responsáveis pela imunidade mediada por células
__ 3. timo	c. produzem anticorpos
__ 4. linfócitos T citotóxicos	d. contribuem na vigilância imunológica
__ 5. anticorpos	e. contém linfócitos T em desenvolvimento
__ 6. linfócitos NK	f. imunoglobulinas
__ 7. capilares linfáticos	g. responsáveis pela imunidade mediada por anticorpos
__ 8. cisterna do quilo	h. produção de linfócitos
__ 9. linfopoese	i. câmara saculiforme do ducto torácico
__10. linfócitos B	j. maior órgão linfático do corpo

11. O sistema linfático é composto de:
    (a) vasos linfáticos (b) baço
    (c) linfonodos (d) todas as anteriores

12. Comparados com os capilares sangüíneos, os capilares linfáticos:
    (a) apresentam lâmina basal
    (b) são menores em diâmetro
    (c) apresentam paredes com um revestimento endotelial delicado
    (d) são freqüentemente irregulares na forma

13. A maior parte da linfa retorna à circulação venosa por meio:
    (a) do ducto linfático direito (b) da cisterna do quilo
    (c) da veia porta do fígado (d) do ducto torácico

14. Algumas células conhecidas como linfócitos:
    (a) são fagócitos ativados
    (b) destroem as células vermelhas do sangue
    (c) produzem proteínas chamadas de anticorpos
    (d) são encontradas principalmente na medula óssea

15. _____ são grandes órgãos linfáticos localizados nas paredes da faringe.
    (a) Tonsilas (b) Linfonodos
    (c) Glândula do timo (d) Corpúsculos do timo

16. As áreas do baço que contêm um grande número de linfócitos são conhecidas como:
    (a) macrófagos (b) polpa vermelha
    (c) adenóides (d) nódulos linfáticos

17. A polpa vermelha do baço contém um grande número de:
    (a) macrófagos (b) anticorpos
    (c) neutrófilos (d) linfócitos

18. As células responsáveis pela produção de anticorpos circulantes são:
    (a) linfócitos NK (b) plasmócitos
    (c) linfócitos T auxiliares (d) linfócitos T citotóxicos

19. Os cordões medulares dos linfonodos contêm:
    (a) linfócitos T citotóxicos (b) linfócitos T supressores
    (c) linfócitos NK (d) linfócitos B

20. Os linfócitos que atacam células estranhas ou células corporais infectadas por vírus são:
    (a) linfócitos B
    (b) linfócitos T auxiliares
    (c) linfócitos T citotóxicos
    (d) linfócitos T supressores

Nível 2 – Revisão de conceitos

1. Se o timo falha na produção do hormônio timosina, seria esperada uma diminuição no número de:
   (a) linfócitos B
   (b) linfócitos NK
   (c) linfócitos T citotóxicos
   (d) neutrófilos

2. O vírus da imunodeficiência humana (HIV), que causa uma doença conhecida como SIDA, infecta seletivamente:
   (a) linfócitos T auxiliares
   (b) plasmócitos
   (c) linfócitos T citotóxicos
   (d) linfócitos T supressores

3. O bloqueio dos receptores de antígenos na superfície dos linfócitos interfere:
   (a) na fagocitose do antígeno
   (b) na capacidade dos linfócitos de produzirem anticorpos
   (c) no reconhecimento do antígeno
   (d) na capacidade de reconhecimento do antígeno, própria do linfócito

4. Qual é a função da barreira hemato-tímica?

5. Quais são as grandes artérias e veias que passam pelo hilo esplênico?

6. A partir de quais áreas do corpo o ducto linfático coleta linfa?

7. Qual é o tipo mais comum de linfócito?

8. O que é linfedema?

9. O que ocorre nas estruturas linfáticas secundárias?

10. Onde são encontrados os nódulos linfáticos agregados, também chamados de placas de Peyer?

Nível 3 – Pensamento crítico

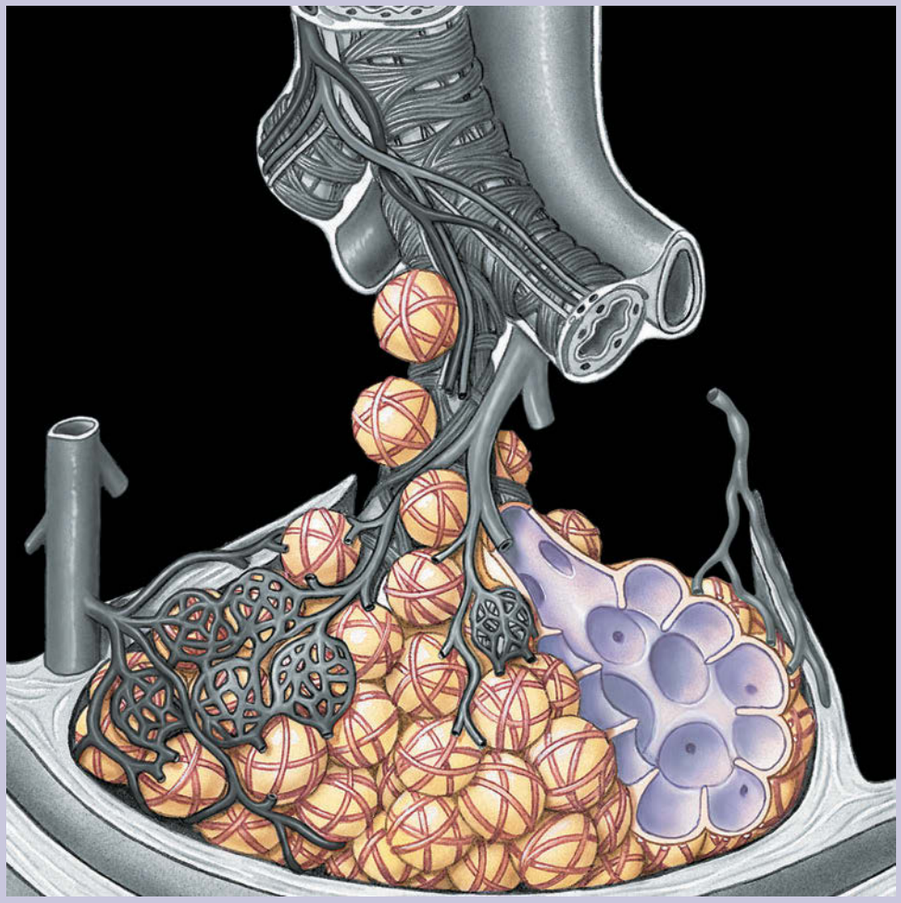
1. Tomás acaba de ser exposto ao vírus do sarampo. Ele não se lembra de ter contraído a doença anteriormente, mas quer determinar o risco de apresentar a doença. Ele lhe pergunta como é possível verificar se seu organismo foi previamente exposto ao vírus antes da eventual manifestação da doença. O que você lhe diria?

2. Wilson é alérgico ao pólen da "erva-de-santiago" e lhe diz que obteve informações sobre um medicamento que pode auxiliá-lo suprimindo sua resposta imunológica. Você acha que este tratamento pode ajudar? Explique.

3. O avô de Paula recebeu diagnóstico de câncer de pulmão. Seu médico solicita a realização de biópsia de vários linfonodos das regiões adjacentes e Paula quer saber o porquê, uma vez que o câncer está localizado no pulmão. Qual seria a sua explicação?

24

O Sistema Respiratório



Introdução 630

Uma visão geral do sistema respiratório 630

A parte superior do sistema respiratório 632

A parte inferior do sistema respiratório 634

A traquéia 637

Os brônquios principais 637

Os pulmões 638

A cavidade pleural e a pleura 646

Músculos respiratórios e ventilação pulmonar 647

Envelhecimento e sistema respiratório 650

OBJETIVOS DO CAPÍTULO:

1. Descrever as funções principais do sistema respiratório.
2. Descrever a organização estrutural do sistema respiratório e seus principais órgãos.
3. Diferenciar as partes condutora e respiratória do sistema respiratório.
4. Descrever a histologia e a função do epitélio respiratório.
5. Descrever a anatomia funcional dos componentes da parte superior do sistema respiratório.
6. Descrever a anatomia funcional da laringe e explicar seu papel na respiração e na produção de sons.
7. Discutir as especializações da anatomia macroscópica e da histologia da traquéia.
8. Descrever as especializações histológicas das vias condutoras e da porção respiratória da parte inferior do sistema respiratório.
9. Descrever a anatomia funcional da árvore bronquial e dos segmentos broncopulmonares.
10. Descrever a estrutura e a função da membrana respiratória (alveolocapilar).
11. Descrever a cavidade pleural e a pleura.
12. Identificar os músculos respiratórios e discutir os movimentos responsáveis pela ventilação pulmonar.
13. Diferenciar os músculos envolvidos na respiração em repouso daqueles envolvidos na respiração forçada.
14. Explicar como a atividade muscular resulta no movimento do ar para o interior e para o exterior dos alvéolos.
15. Descrever as modificações que ocorrem no sistema respiratório ao nascimento.
16. Identificar os centros de controle respiratório, como esses centros interagem, bem como a função dos quimioceptores e proprioceptores no controle da respiração.
17. Identificar os reflexos que regulam a respiração.
18. Descrever as mudanças que ocorrem no sistema respiratório com o envelhecimento.

As células obtêm energia principalmente por meio de metabolismo aeróbico, um processo que precisa de oxigênio e produz dióxido de carbono. Para sobreviver, as células devem possuir uma forma de obter oxigênio e eliminar dióxido de carbono. O sistema circulatório oferece uma ligação entre o líquido intersticial em torno das células e as superfícies de difusão gasosa dos pulmões. O sistema respiratório facilita a difusão gasosa entre o ar e o sangue. Conforme circula, o sangue transporta oxigênio dos pulmões para os tecidos do corpo, além de receber o dióxido de carbono produzido por esses tecidos e o transportar até os pulmões para a eliminação.

Iniciamos nossa discussão sobre o sistema respiratório descrevendo as estruturas anatômicas que conduzem o ar do meio externo até as superfícies de difusão gasosa nos pulmões. Discutiremos então a mecânica da respiração e seu controle neural.

Uma visão geral do sistema respiratório [Figura 24.1]

O **sistema respiratório** inclui o nariz, a cavidade nasal e os seios paranasais, a faringe, a laringe, a traquéia e os ductos condutores menores que levam às superfícies de difusão gasosa dos pulmões. Estas estruturas estão ilustradas na Figura 24.1. O **trato respiratório** consiste em vias aéreas que conduzem o ar para e a partir das referidas superfícies de difusão. O trato respiratório pode ser dividido em uma *parte condutora* e uma *parte respiratória*. A parte condutora se estende da entrada da cavidade nasal até os menores *bronquíolos* dos pulmões. A parte respiratória do trato inclui os *bronquíolos respiratórios* e os delicados **alvéolos**, onde ocorre a difusão gasosa.

O sistema respiratório inclui o trato respiratório e os tecidos, órgãos e estruturas de sustentação associados. A **parte superior do sistema respiratório** consiste em nariz, cavidade nasal, seios paranasais e faringe. Essas vias de passagem filtram, aquecem e umedecem o ar, protegendo as superfícies mais delicadas de difusão e condução da **parte inferior do**

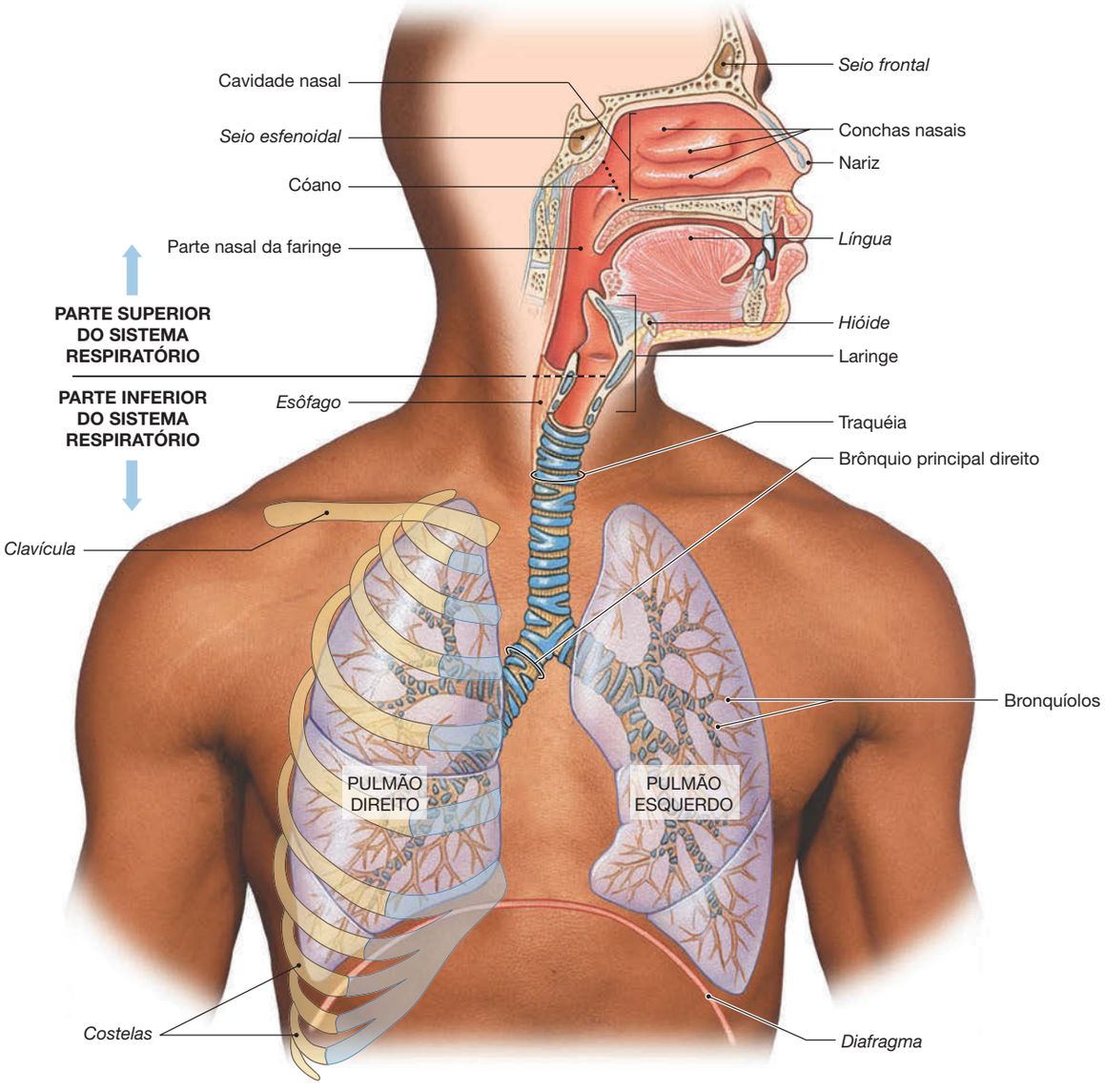


Figura 24.1 **Estruturas do sistema respiratório.**

sistema respiratório contra resíduos, patógenos e condições ambientais extremas. A parte inferior do sistema respiratório inclui a laringe, a traquéia, os brônquios e os pulmões.

A filtração, o aquecimento e o umedecimento do ar inspirado começam na entrada da parte superior do sistema respiratório e continuam por todo o restante da via condutora. Quando o ar atinge os alvéolos pulmonares, a maioria das partículas e dos patógenos do ambiente externo foram removidos, e a umidade e temperatura estão dentro de limites aceitáveis. O sucesso deste "processo de condicionamento" se deve principalmente às propriedades do *epitélio respiratório*, discutidas adiante.

Funções do sistema respiratório

As funções do sistema respiratório são:

1. Oferecer uma extensa área para difusão gasosa entre o ar e o sangue circulante.
2. Conduzir o ar a partir de e para as superfícies de difusão gasosa dos pulmões.
3. Proteger as superfícies respiratórias contra desidratação, mudanças de temperatura e outras variações ambientais.
4. Defender o sistema respiratório e outros tecidos da invasão por microrganismos patogênicos.
5. Produzir sons envolvidos na fala, no canto e na comunicação não-verbal.
6. Auxiliar na regulação do volume sangüíneo, da pressão arterial e no controle do pH dos líquidos corporais.

O sistema respiratório desempenha essas funções com a cooperação dos sistemas circulatório e linfático, de alguns músculos esqueléticos e do sistema nervoso.

O epitélio respiratório [Figura 24.2]

O **epitélio respiratório** consiste em um epitélio colunar pseudo-estratificado ciliado, com numerosas células mucosas (**Figura 24.2**). O epitélio respiratório reveste todo o trato respiratório, exceto a parte inferior da faringe, as menores vias condutoras e os alvéolos. Um epitélio escamoso

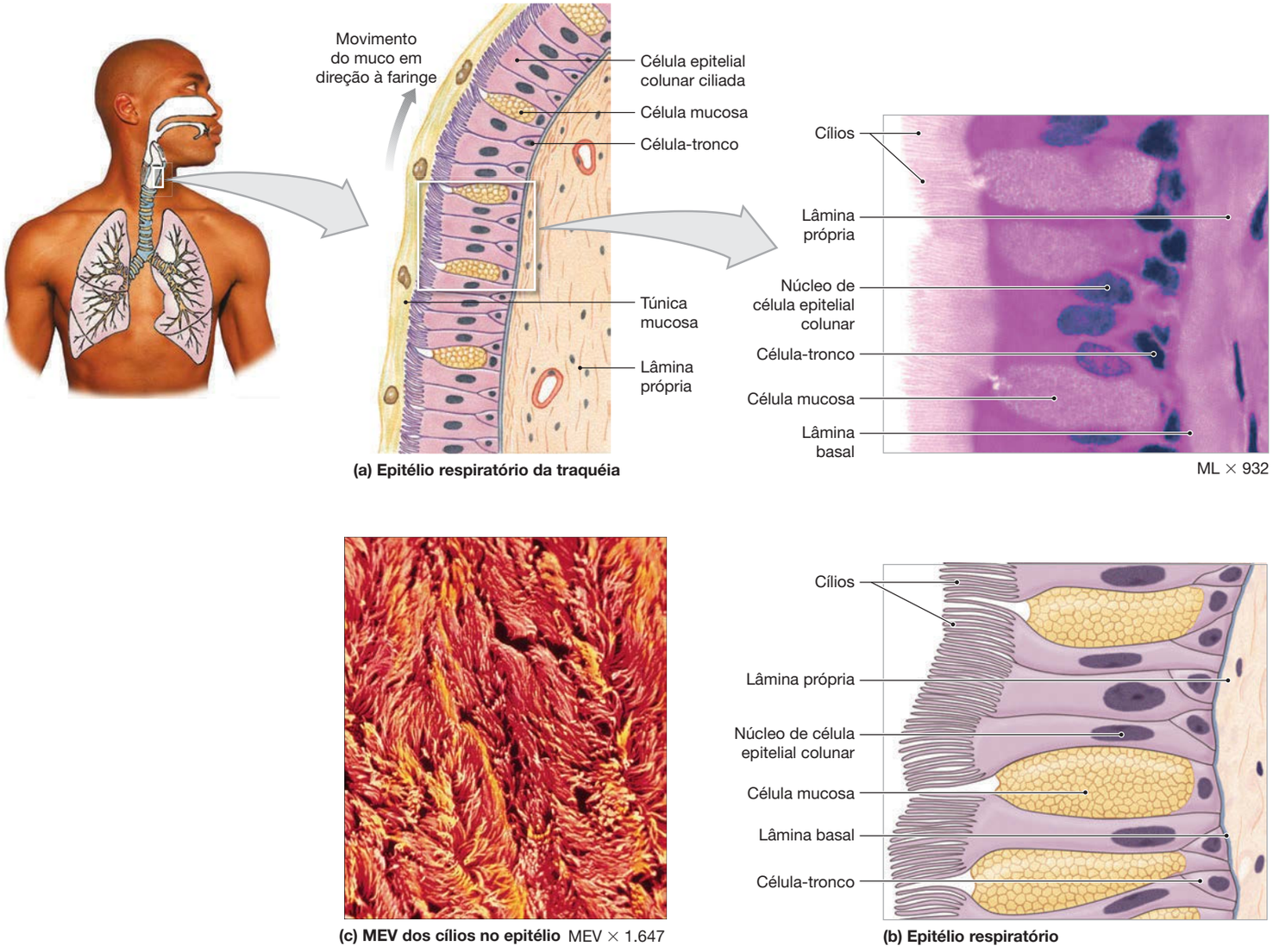


Figura 24.2 Histologia do epitélio respiratório.
(a) Vistas diagramática e histológica do epitélio respiratório. **(b)** Aspecto histológico do epitélio respiratório. **(c)** Vista da superfície do epitélio, observado à microscopia eletrônica de varredura. Nesta imagem colorida, os cílios das células epiteliais formam uma densa camada semelhante a um carpete de fios longos. O movimento desses cílios propele o muco ao longo da superfície epitelial.

estratificado reveste a porção inferior da faringe, protegendo-a de abrasão e agressão química. Esta parte da faringe conduz o ar para a laringe, bem como o alimento para o esôfago.

Células mucosas no epitélio e glândulas mucosas profundas ao epitélio respiratório na lâmina própria produzem um muco viscoso que recobre as superfícies expostas. Na cavidade nasal, os cílios "varrem" qualquer resíduo ou microrganismo aprisionado no muco até a faringe, onde serão deglutidos e expostos aos ácidos e às enzimas do estômago. Em porções inferiores do trato respiratório, os cílios também se movimentam em direção à faringe, criando um mecanismo semelhante ao de uma "escada rolante" que limpa as vias respiratórias.

As delicadas superfícies do sistema respiratório podem ser severamente danificadas caso o ar inspirado esteja contaminado por resíduos ou patógenos. Assim, o ar que entra no sistema respiratório é filtrado para remover estes agentes contaminantes. Os mecanismos de filtração respiratória formam o **sistema de defesa respiratória**. Na cavidade nasal, virtualmente todas as partículas maiores que 10 μm são removidas do ar inspirado. Partículas maiores são removidas pelos pêlos nasais, denominados *vibrissas*, encontrados no início da cavidade nasal. Partículas menores podem ser capturadas pelo muco da parte nasal da faringe ou por secreções da faringe antes de prosseguir pela via condutora. A exposição a estímulos irritantes, como gases tóxicos, grandes quantidades de poeira e resíduos, alérgenos e patógenos, geralmente causa um rápido aumento na produção de muco. (Os sintomas familiares do "resfriado comum" resultam da invasão do epitélio respiratório por um dentre mais de 200 vírus.)

A filtração, o aquecimento e o umedecimento do ar inspirado ocorrem por toda a porção condutora do sistema respiratório, mas as maiores modificações ocorrem na cavidade nasal. A respiração bucal elimina grande parte da filtração, do aquecimento e do umedecimento preliminares do ar inspirado. Pacientes respirando por meio de respiradores ou pelo processo de ventilação mecânica recebem ar que é introduzido diretamente na traquéia. Esse ar deve ser filtrado e umedecido externamente para prevenir dano aos alvéolos.

Nota clínica

Fibrose cística **Fibrose cística (FC)** é a doença hereditária letal mais comum na população branca, ocorrendo na freqüência de 1 nascimento em 3.000. A cada ano, aproximadamente 2.000 recém-nascidos apresentam esta doença apenas nos Estados Unidos. Apesar das terapias avançadas, apenas 34% atingem a maioridade e menos de 10% ultrapassam os 30 anos. A morte geralmente é resultado de infecção bacteriana intensa dos pulmões e falência associada de coração e pulmões.

O problema subjacente a esta condição envolve uma anomalia em uma proteína de transporte de membrana responsável pelo transporte ativo de íons cloreto. Essa proteína de membrana é abundante em células exócrinas produtoras de secreções aquosas. Em indivíduos com FC, essas células não transportam sais e água efetivamente, e as secreções produzidas são densas e gelatinosas. Glândulas mucosas do trato respiratório e células secretoras do pâncreas, glândulas salivares, trato digestório e trato genital são afetados.

Os sintomas mais graves se manifestam porque o sistema de defesa respiratória não consegue transportar muco tão denso. O movimento ciliar estagna e "rolhas" de muco bloqueiam as vias respiratórias de menor calibre. O bloqueio reduz o diâmetro das vias aéreas e a inativação das defesas respiratórias normais leva a infecções bacterianas freqüentes.

O gene responsável pela FC foi identificado, e a estrutura da proteína de membrana, determinada. Com o conhecimento da estrutura do gene, as pesquisas seguem com o objetivo de corrigir o defeito por meio da introdução de genes normais.

A parte superior do sistema respiratório

O nariz e a cavidade nasal [Figura 24.3]

O nariz é a primeira via pela qual o ar entra no sistema respiratório. Os ossos, as cartilagens e os seios paranasais associados ao nariz são apresentados no Capítulo 6. pág. 138 O ar normalmente entra na **cavidade nasal** através das **narinas**. O **vestíbulo do nariz**, a porção da cavidade nasal limitada pelos tecidos flexíveis do nariz (Figura 24.3d), é sustentado por duas finas *cartilagens laterais* e dois pares de *cartilagens alares* (Figura 24.3a). O epitélio do vestíbulo do nariz contém pêlos que se estendem a partir das narinas. Grandes partículas no ar como areia, serragem e mesmo insetos são capturados por esses pêlos e impedidos de adentrar no restante da cavidade nasal.

O *septo nasal* separa as partes direita e esquerda da cavidade nasal. A parte óssea do septo nasal é formada pela lâmina perpendicular do osso etmóide e pelo vômer, que se articulam. A parte anterior do septo nasal é formada por cartilagem hialina. Essa placa cartilagínea sustenta o **dorso** e o **ápice do nariz**.

As maxilas, os ossos nasais e frontal, o etmóide e o esfenóide formam as paredes laterais e superior da cavidade nasal. A secreção mucosa produzida nos *seios paranasais* associados (pág. 153), auxiliada pela drenagem de lágrima através dos ductos lacrimonasais, ajudam a manter a superfície da cavidade nasal úmida e limpa. A parte superior, ou *parte olfatória*, da cavidade nasal inclui as áreas revestidas pelo epitélio olfatório (pág. 147): (1) a superfície inferior da lâmina cribriforme, (2) a concha nasal superior do etmóide e (3) a parte superior do septo nasal. pág. 147

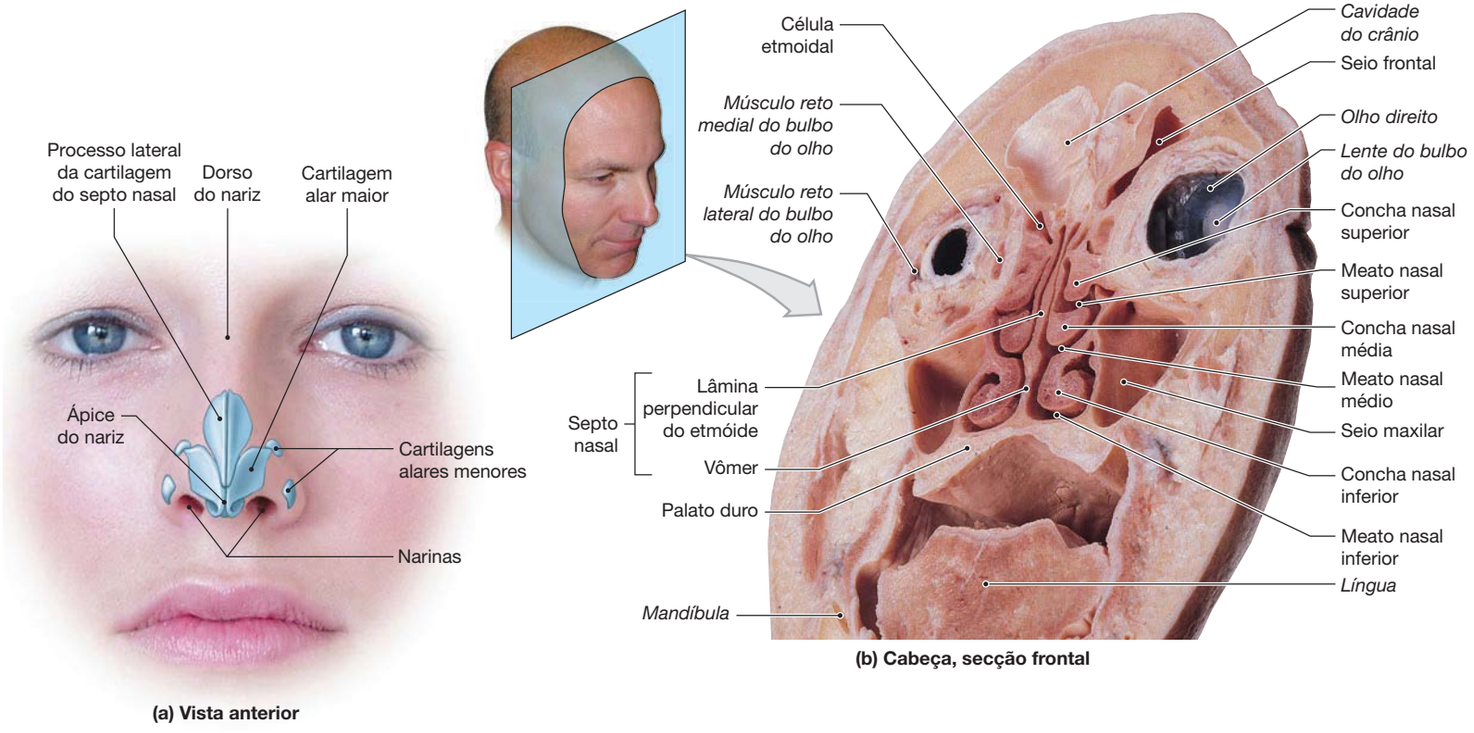
As conchas nasais superior, média e inferior se projetam em direção ao septo nasal a partir da parede lateral da cavidade nasal. Do vestíbulo do nariz até os **cóanos**, o ar tende a fluir por entre as conchas nasais adjacentes, que são os espaços denominados **meatos nasais superior**, **médio** e **inferior** (*meatus*, passagem) (Figura 24.3b,d). Estas passagens são mais estreitas e fazem com que o ar inspirado colida contra as superfícies das conchas nasais, produzindo um turbilhonamento semelhante ao observado nas corredeiras de rios. Esse turbilhonamento tem uma função específica: enquanto o ar gira e colide, aumentam as chances de que as pequenas partículas em suspensão entrem em contato com o muco que recobre a superfície da cavidade nasal. Além de promover filtração, o turbilhonamento gera um tempo extra para o aquecimento e o umedecimento do ar inspirado.

O **palato duro**, formado pelos ossos maxila e palatino, forma o soalho da cavidade nasal e separa as cavidades oral e nasal. O **palato mole** muscular se estende posteriormente ao palato duro, marcando o limite entre a *parte nasal da faringe* superiormente e o restante da faringe (Figura 24.3c,d). A cavidade nasal se abre na parte nasal da faringe pelos cóanos.

REVISÃO DOS CONCEITOS

1. Em dias muito frios, por que é pior para a parte inferior do sistema respiratório se a respiração for feita somente pela boca?
2. O que corresponde à denominada "escada rolante" para o muco?
3. Qual é a função das conchas nasais? Como elas interferem na parte inferior do sistema respiratório?

Veja a seção de Respostas na parte final do livro.



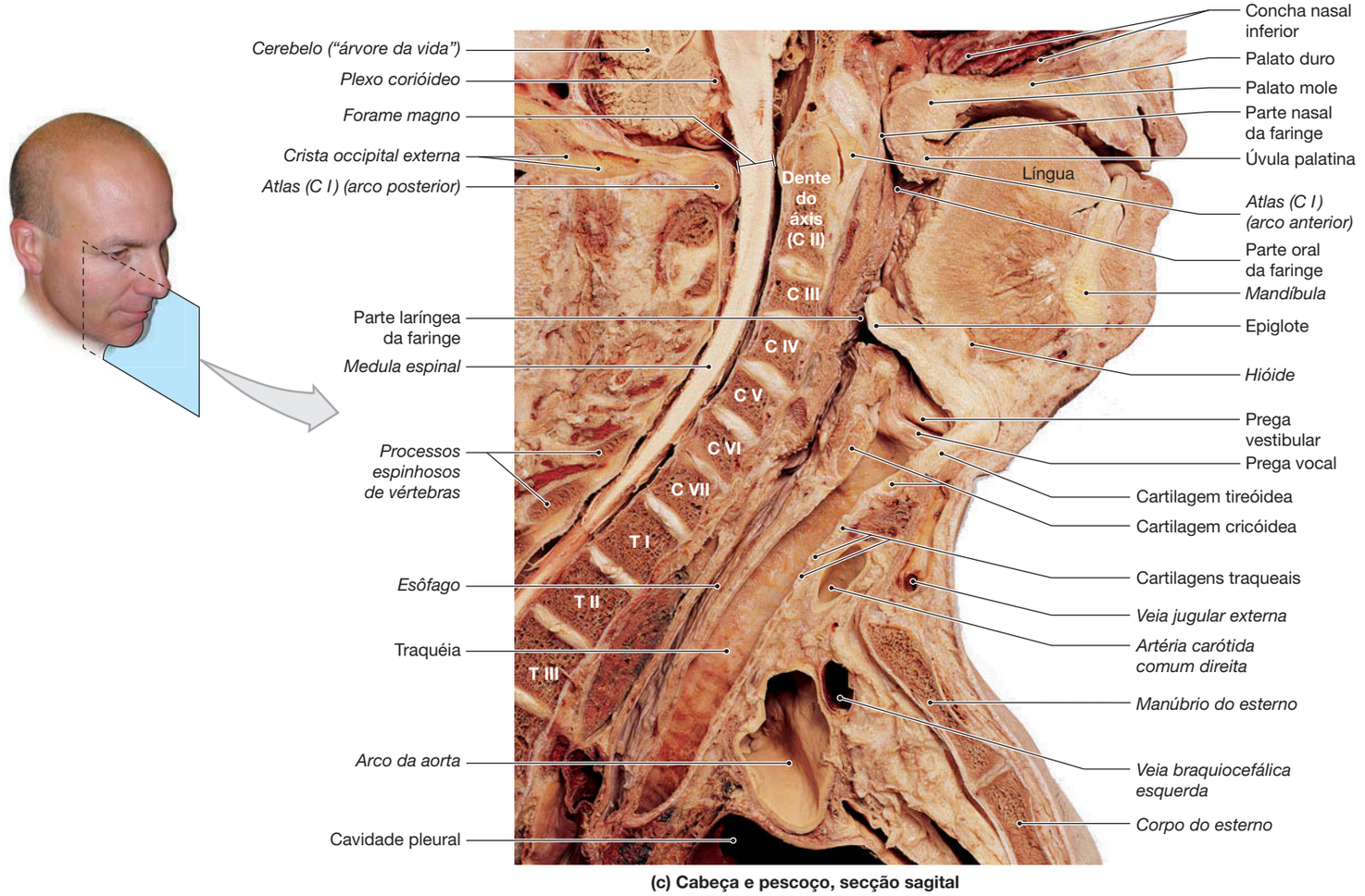


Figura 24.3 Estruturas respiratórias na cabeça e no pescoço.
(a) As cartilagens nasais e referências anatômicas externas do nariz. **(b)** Secção frontal (coronal) da cabeça mostrando a posição dos seios paranasais e estruturas nasais. **(c)** A cavidade nasal e a faringe vistas em secção sagital da cabeça e do pescoço.

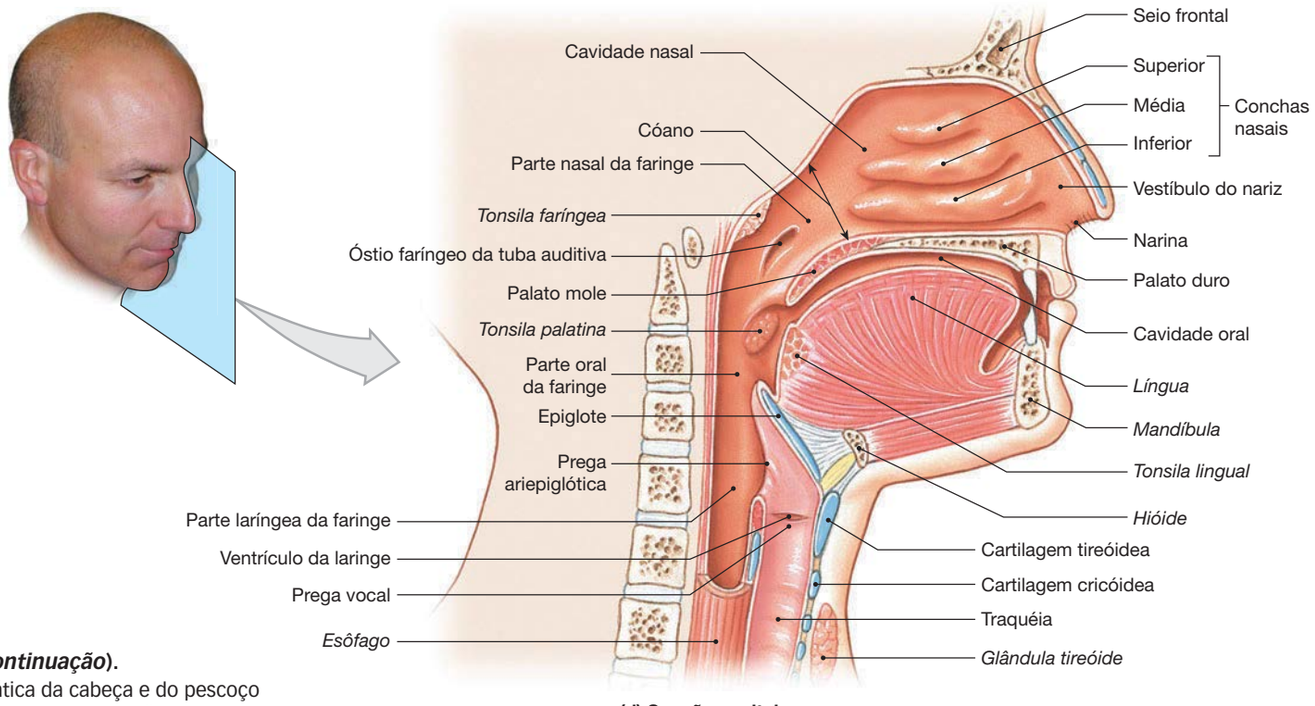


Figura 24.3 ***(continuação)***.
(d) Vista diagramática da cabeça e do pescoço em secção sagital, para comparação com (c).

A faringe [Figura 24.3c,d]

O nariz, a boca e a laringe se conectam por uma via de passagem ou câmara comum denominada **faringe**. A faringe é compartilhada pelos sistemas respiratório e digestório e estende-se desde os cóanos até o início da traquéia e do esôfago. Suas paredes são musculares: a superior e a posterior são curvas e justapostas ao esqueleto axial, enquanto as laterais são mais flexíveis. A faringe é dividida em três regiões (Figura 24.3c,d): as *partes nasal*, *oral* e *laríngea da faringe*.

A parte nasal da faringe [Figura 24.3c,d]

A **parte nasal da faringe** é a sua porção superior. Comunica-se com a parte posterior da cavidade nasal através dos cóanos e é separada da cavidade oral pelo palato mole (Figura 24.3c,d).

A parte nasal da faringe é revestida por epitélio respiratório típico. A *tonsila faríngea* está localizada na parede posterior da parte nasal da faringe; as paredes laterais contêm os *óstios faríngeos das tubas auditivas* (Figura 24.3d).

A parte oral da faringe [Figuras 24.3c,d/25.5a]

A **parte oral da faringe** (*oris*, boca) estende-se entre o palato mole e a raiz da língua no nível do hióide. A parte posterior da cavidade oral comunica-se diretamente com a parte oral da faringe, assim como com as regiões posterior e inferior da parte nasal da faringe (Figura 24.3c,d). No limite entre a parte nasal da faringe e a parte oral da faringe, o epitélio se modifica, passando de colunar pseudo-estratificado ciliado para epitélio escamoso estratificado, semelhante ao da cavidade oral.

A margem posterior do palato mole sustenta a **úvula palatina** e dois pares de **arcos faríngeos**. Bilateralmente, a tonsila palatina situa-se entre o **arco palatoglosso**, anterior, e o **arco palatofaríngeo**, posterior (Figura 25.5a). Uma linha curva, que conecta os arcos palatoglosso e a úvula palatina, constitui o limite das **fauces**, nome da região de passagem entre a cavidade oral e a parte oral da faringe*.

* N. de R.T. Especificamente, a abertura que comunica a cavidade oral com a parte oral da faringe na região das fauces é denominada **istmo das fauces**.

A parte laríngea da faringe [Figura 24.3c,d]

A estreita **parte laríngea da faringe** inclui a região da faringe localizada desde o nível do hióide até o início do esôfago (Figura 24.3c,d). A parte laríngea da faringe é a mais inferior e, como a parte oral, é revestida por epitélio escamoso estratificado, resistente a abrasões mecânicas, agressões químicas e invasão de patógenos.

A parte inferior do sistema respiratório

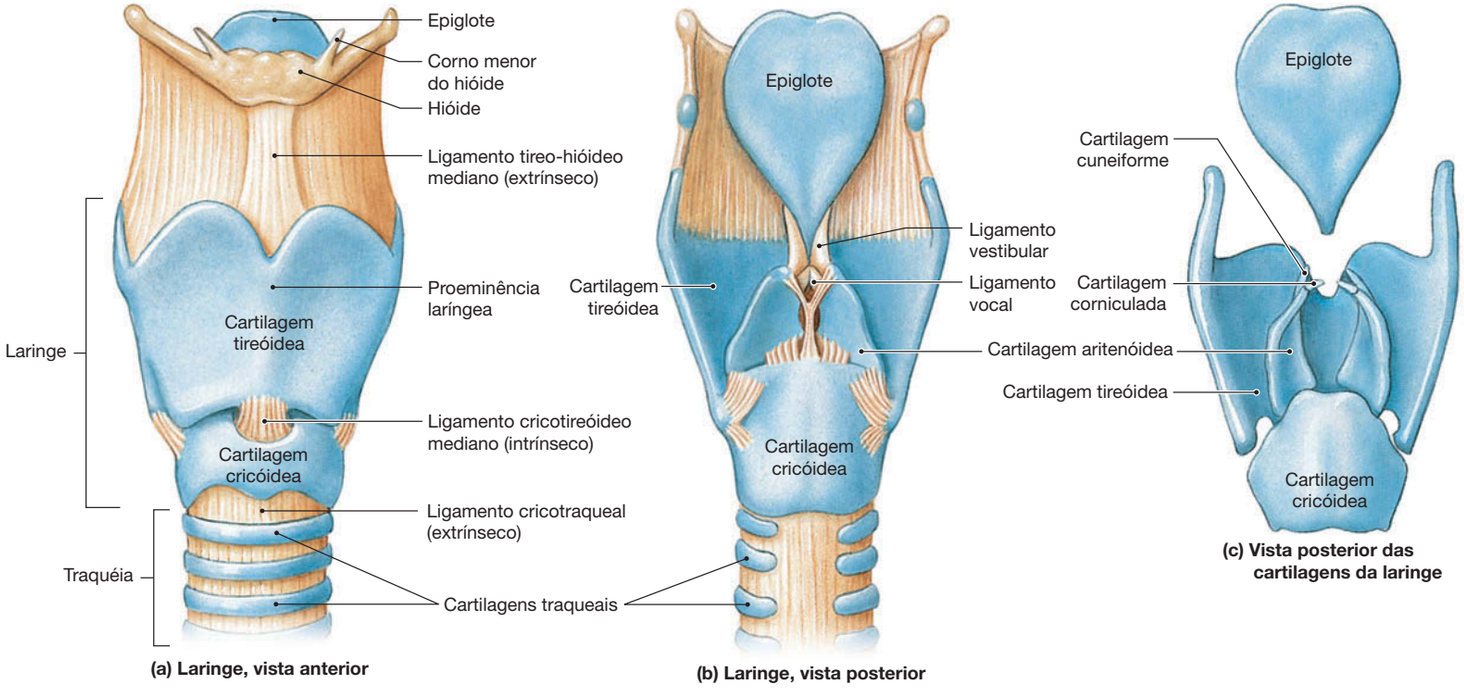
A laringe [Figuras 24.3d/24.4]

O ar inspirado sai da faringe e entra na laringe passando por uma abertura denominada **ádito da laringe** (Figura 24.3d). A **laringe** inicia-se no nível da vértebra C IV ou C V e termina no nível da vértebra C VII. Em essência, é um cilindro cujas paredes cartilagíneas são estabilizadas por ligamentos ou por músculos estriados esqueléticos, ou ambos.

Cartilagens da laringe [Figura 24.4]

Três grandes cartilagens ímpares formam o corpo da laringe: a *cartilagem tireóidea*, a *cartilagem cricóidea* e a *cartilagem epiglótica* (Figura 24.4). As cartilagens tireóidea e cricóidea são cartilagens hialinas; a cartilagem epiglótica é uma cartilagem elástica.

A cartilagem tireóidea [Figura 24.4a,b] A maior cartilagem laríngea é a **cartilagem tireóidea** ("em forma de escudo"). Ela forma a maior parte das paredes laterais e anterior da laringe (Figura 24.4a,b). A cartilagem tireóidea, vista em secção sagital, é incompleta posteriormente. Durante o desenvolvimento, as lâminas direita e esquerda da cartilagem tireóidea fundem-se anteriormente na linha mediana e constituem uma crista saliente, a **proeminência laríngea**. Essa crista é facilmente vista e palpada, e a cartilagem tireóidea é popularmente conhecida como *"pomo-de-Adão"*.



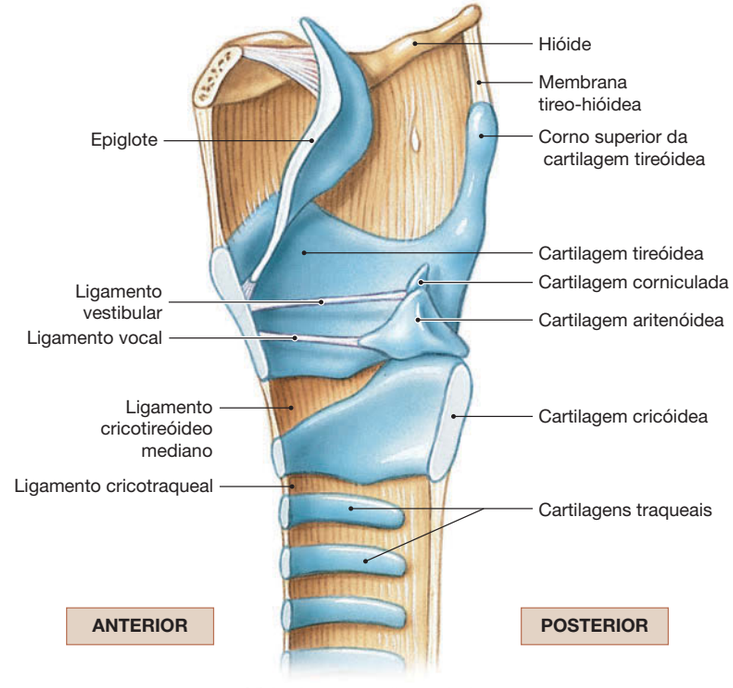


Figura 24.4 Anatomia da laringe.
(a) Vista anterior da laringe intacta. **(b)** Vista posterior da laringe intacta. **(c)** Vista posterior, mostrando as relações entre as cartilagens individuais da laringe. **(d)** Secção sagital da laringe.

A parte inferior da cartilagem tireóidea articula-se com a cartilagem cricóidea; a parte superior apresenta ligamentos que a fixam à epiglote e a cartilagens laríngeas menores.

A cartilagem cricóidea [Figura 24.4a,c] A cartilagem tireóidea está localizada superiormente à **cartilagem cricóidea** ("em forma de anel"). Esta cartilagem é um anel completo cuja parte posterior é muito expandida, oferecendo sustentação na ausência da cartilagem tireóidea. As cartilagens cricóidea e tireóidea protegem a região da glote e a entrada da traquéia, e suas amplas superfícies são locais de inserção para importantes músculos e ligamentos. Ligamentos fixam-se na superfície inferior da cartilagem cricóidea até a primeira cartilagem traqueal (Figura 24.4a,c). A superfície superior da cartilagem cricóidea se articula com as duas pequenas *cartilagens aritenóideas.*

A epiglote [Figuras 24.3c,d/24.4b,c,d] A **epiglote**, em formato de calçadeira, projeta-se superiormente à região da glote (Figuras 24.3c,d e 24.4b,c,d). A *cartilagem epiglótica* que sustenta a epiglote apresenta fixações ligamentares às margens superior e anterior da cartilagem tireóidea e ao hióide. Durante a deglutição, a laringe é elevada e a epiglote se dobra sobre o ádito da laringe, evitando a entrada de alimentos líquidos ou sólidos para as vias respiratórias.

Cartilagens pares da laringe [Figuras 24.4b-d/24.5] A laringe contém três pares de cartilagens menores: as *cartilagens aritenóideas, corniculadas* e *cuneiformes.* As aritenóideas e corniculadas são cartilagens hialinas, e as cuneiformes são cartilagens elásticas.

- O par de **cartilagens aritenóideas** ("em forma de jarro, colher funda, concha") se articula com a margem superior da parte mais larga (lâmina) da cartilagem cricóidea (Figura 24.4b-d).
- As **cartilagens corniculadas** ("em forma de chifre") se articulam com as cartilagens aritenóideas (Figuras 24.4c,d e 24.5). As cartilagens corniculadas e aritenóideas atuam na abertura e no fechamento da rima da glote e na produção de som.
- As longas e curvas **cartilagens cuneiformes** ("em forma de cunha") localizam-se na *prega ariepiglótica* que se estende desde a região lateral de cada cartilagem aritenóidea até a epiglote (Figuras 24.4c e 24.5).

Ligamentos da laringe [Figuras 24.4a,b/24.5]

Uma série de **ligamentos intrínsecos** une todas as nove cartilagens que formam a laringe (Figura 24.4a,b). **Ligamentos extrínsecos** unem a cartilagem tireóidea ao hióide e a cartilagem cricóidea à traquéia. Os **ligamentos vestibulares** e os **ligamentos vocais** estendem-se entre a cartilagem tireóidea e as aritenóideas.

Os ligamentos vocal e vestibular são recobertos por pregas do epitélio da laringe que se projetam em direção à região da glote. Os ligamentos vestibulares situam-se no interior do par de pregas superiores, conhecidas como **pregas vestibulares** (Figuras 24.4b e 24.5). As pregas vestibulares, que são relativamente inelásticas, ajudam a impedir que corpos estranhos entrem na região da glote e oferecem proteção às **pregas vocais**, mais delicadas.

As pregas vocais são altamente elásticas, pois o ligamento vocal é uma faixa de tecido elástico. As pregas vocais estão envolvidas na produção de sons e por essa razão elas também são conhecidas como "**pregas vocais verdadeiras**". Como as pregas vestibulares não atuam na produção dos sons, elas são também conhecidas como "**pregas vocais falsas**".

Produção de som A passagem do ar através da região da glote determina a vibração das pregas vocais e produz ondas sonoras. A freqüência do som produzido depende do diâmetro, do comprimento e da tensão das pregas vocais. O diâmetro e o comprimento estão diretamente relacionados ao tamanho da laringe. A tensão é controlada pela contração de músculos voluntários que mudam as posições relativas da cartilagem tireóidea e das aritenóideas. Quando a distância aumenta, as pregas vocais ficam tensas e a freqüência aumenta; quando a distância diminui, as pregas vocais relaxam e a freqüência diminui.

As crianças apresentam pregas vocais delgadas e curtas, e suas vozes tendem a ser mais agudas (freqüência elevada). Na puberdade, a laringe masculina aumenta consideravelmente mais em relação à feminina. As pregas vocais de um homem adulto são mais espessas, mais longas e produzem tons mais baixos em comparação aos de uma mulher adulta.

A laringe toda está envolvida na produção sonora pela vibração de suas paredes, criando um som composto. A amplificação e os ecos do som ocorrem na faringe, na cavidade oral, na cavidade nasal e nos seios paranasais. A produção final de diferentes padrões de sons e ressonâncias depende de movimentos voluntários da língua, dos lábios e das bochechas, gerando os fonemas.

Os músculos da laringe [Figura 24.6]

A laringe está associada com dois diferentes grupos de músculos, os *músculos intrínsecos* e os *músculos extrínsecos da laringe*. Os **músculos intrínsecos da laringe** apresentam duas funções principais. Um grupo regula a tensão nas pregas vocais, enquanto um segundo grupo produz a abertura e o fechamento da rima da glote. Os músculos relacionados às pregas vocais inserem-se nas cartilagens tireóidea, aritenóideas e corniculadas. Abrir ou fechar a rima da glote envolve movimentos de rotação das cartilagens aritenóideas, que aproximam ou afastam as pregas vocais*.

Os **músculos extrínsecos da laringe** posicionam e estabilizam a laringe. Esses músculos foram considerados no Capítulo 10. pág. 270

Durante a deglutição, os músculos extrínsecos e intrínsecos cooperam para evitar que alimentos sólidos ou líquidos atinjam a região da glote. Antes da deglutição, o material é triturado e mastigado até tornar-se uma massa pastosa conhecida como *bolo alimentar*. Os músculos extrínsecos, então, elevam a laringe, dobrando a epiglote sobre o ádito da laringe para que esse bolo possa deslizar pela superfície da epiglote e não penetre na cavidade da laringe (Figura 24.6). Durante esse movimento, os músculos intrínsecos fecham a região da glote. Se qualquer fragmento de alimento sólido ou líquido entrar em contato com as superfícies das pregas vestibulares ou vocais, o reflexo da tosse será desencadeado, impedindo sua entrada nas vias aéreas mais inferiores.

REVISÃO DOS CONCEITOS

1. Quais são as funções da cartilagem tireóidea?
2. Qual é a função da epiglote?
3. Laura contrai músculos voluntários para encurtar a distância entre suas cartilagens tireóidea e aritenóideas. O que está ocorrendo com a freqüência de sua voz?
4. Como a ausência dos músculos intrínsecos da laringe afeta a deglutição?

Veja a seção de Respostas na parte final do livro.

* N. de R.T. Anatomicamente, a cavidade da laringe está dividida em regiões localizadas imediatamente após sua entrada, denominada ádito da laringe. Essas regiões são, em seqüência: vestíbulo da laringe (com as pregas vestibulares), ventrículo da laringe (espaço fundo entre as pregas vestibular e vocal), glote (região com as pregas vocais) e cavidade infraglótica. Rima da glote é o espaço entre as pregas vocais direita e esquerda, que pode ser alterado pelos movimentos de adução e abdução das pregas vocais.

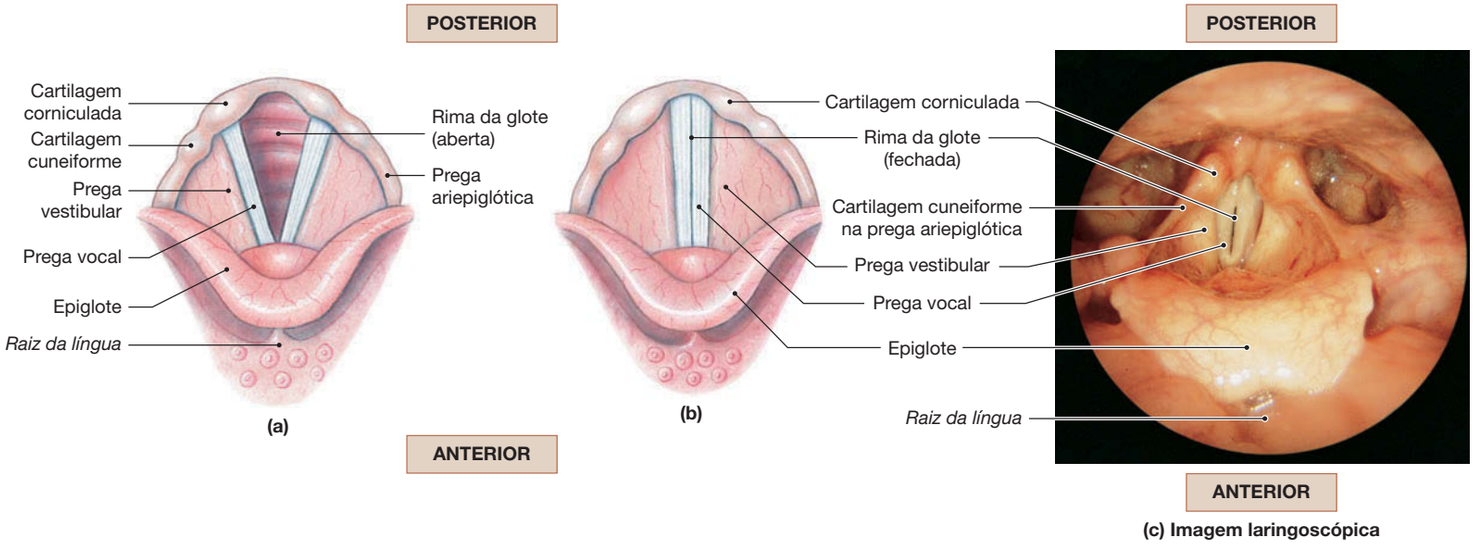


Figura 24.5 As pregas vocais.
A rima da glote é mostrada em posição aberta **(a)** e em posição fechada **(b)**. A fotografia **(c)** mostra uma imagem laringoscópica típica. Para a obtenção dessa imagem, o laringoscópio é posicionado na parte oral da faringe, imediatamente superior à laringe.

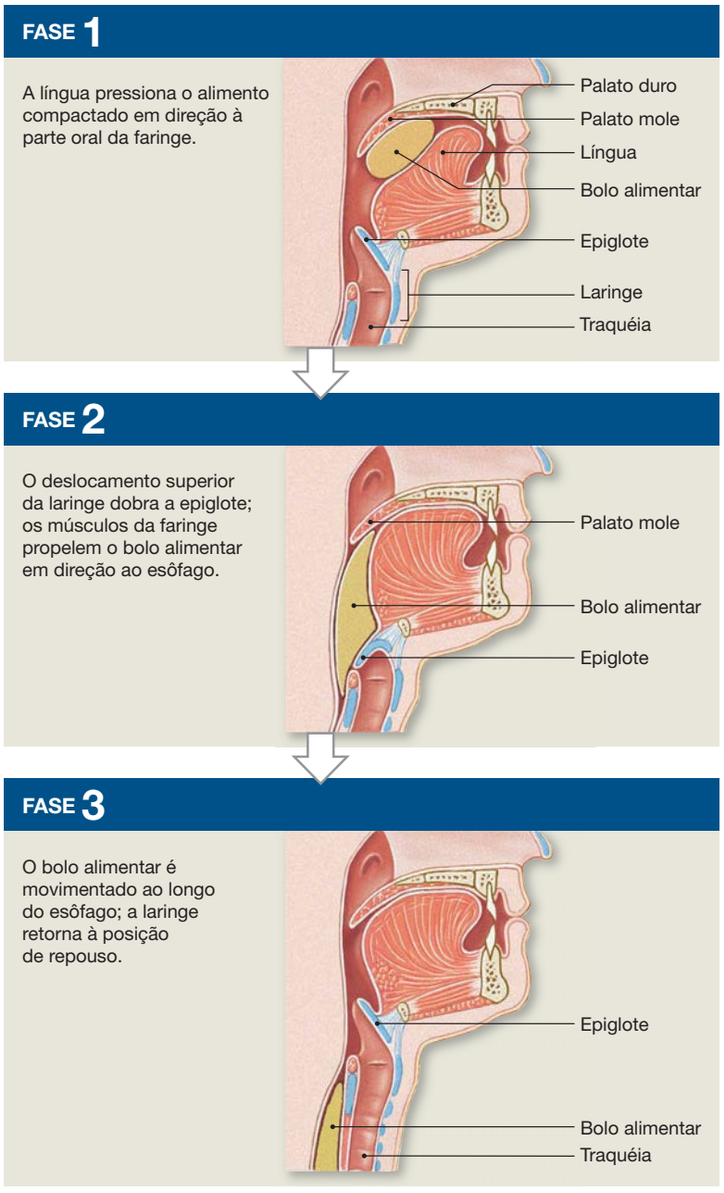


Figura 24.6 Movimentação da laringe durante a deglutição. Durante a deglutição, a elevação da laringe dobra a epiglote sobre o ádito da laringe, direcionando o bolo alimentar para o esôfago.

A traquéia [Figuras 24.2a/24.3c/24.7]

O epitélio da laringe é contínuo ao da **traquéia**. A traquéia é um tubo resistente e flexível, com diâmetro de aproximadamente 2,5 cm e comprimento de cerca de 11 cm (Figuras 24.3c, pág. 633, e 24.7). O início da traquéia situa-se anteriormente à vértebra C VI, em uma fixação ligamentar à cartilagem cricóidea; a sua terminação situa-se no mediastino, ao nível da vértebra T V, onde uma bifurcação marca a origem dos *brônquios principais (primários) direito* e *esquerdo*.

O revestimento da traquéia consiste em epitélio respiratório sobreposto a uma camada de tecido conectivo frouxo, denominada **lâmina própria** (Figura 24.2a, pág. 631). A lâmina própria separa o epitélio respiratório das cartilagens subjacentes. O epitélio e a lâmina própria são interdependentes, e a combinação é um exemplo de *túnica mucosa* pág. 72

Uma espessa camada de tecido conectivo, a **tela submucosa**, envolve a túnica mucosa. A tela submucosa contém glândulas mucosas que se comunicam com a superfície epitelial através de diversos ductos secretores.

Externamente à tela submucosa, a traquéia contém de 15 a 20 **cartilagens traqueais** (Figura 24.7). Cada cartilagem traqueal está ligada à cartilagem adjacente por **ligamentos anulares** elásticos. As cartilagens traqueais enrijecem as paredes traqueais, protegem a via aérea e evitam seu colabamento ou hiperexpansão decorrentes das modificações de pressão no interior do sistema respiratório.

Cada cartilagem traqueal apresenta a forma da letra C. A porção fechada do C protege as superfícies anterior e laterais da traquéia; a porção aberta é voltada posteriormente, junto ao esôfago (Figura 24.7b). Como as cartilagens são incompletas, a parede posterior (parede membranácea) da traquéia pode facilmente mudar seu formato durante a deglutição, permitindo a passagem de grandes massas de alimento ao longo do esôfago.

Um ligamento elástico e uma faixa de músculo liso, o **músculo traqueal**, conectam as extremidades de cada cartilagem traqueal (Figura 24.7b). A contração do músculo traqueal altera o diâmetro da cavidade da traquéia, modificando sua resistência ao fluxo aéreo. A estimulação simpática produz o relaxamento do músculo traqueal, aumentando o diâmetro da traquéia e facilitando a movimentação de grandes volumes de ar pelas vias respiratórias.

Os brônquios principais [Figura 24.7a]

A traquéia bifurca-se no interior do mediastino, dando origem aos **brônquios principais** (*primários*) **direito** e **esquerdo**. Os brônquios principais direito e esquerdo situam-se fora dos pulmões e são denominados **brôn-**

Nota clínica

Obstrução traqueal Corpos estranhos, geralmente alimentos, que se alojam na laringe ou na traquéia costumam ser expelidos por meio do reflexo da tosse. Se o indivíduo consegue falar ou emitir sons, as vias aéreas ainda estão abertas e medidas emergenciais não são necessárias. Caso a vítima não consiga falar ou respirar, há risco imediato para a vida. Infelizmente, algumas vítimas não reconhecem o perigo iminente desta situação, ficam encabuladas e, em vez de procurar socorro, entram no banheiro mais próximo e acabam morrendo silenciosamente, sem receber os cuidados necessários.

Na **manobra de Heimlich**, ou *compressão abdominal*, o indivíduo prestador do primeiro socorro comprime o abdome na região imediatamente inferior ao diafragma. A compressão provoca uma elevação forçada do diafragma e pode gerar pressão suficiente para expulsar o conteúdo que está determinando o bloqueio. Essa manobra deve ser realizada corretamente para evitar danos aos órgãos internos. Organizações como a Cruz Vermelha, o Corpo de bombeiros e outros grupos de primeiros socorros geralmente oferecem sessões de treinamento rápido durante o ano.

Se a obstrução persistir, profissionais treinados em primeiros socorros devem realizar uma **traqueostomia**. Neste procedimento, é feita uma incisão através da parede anterior da traquéia e um tubo é introduzido. Esse tubo elimina a passagem do ar pela laringe e permite sua entrada diretamente na traquéia. A traqueostomia também pode ser necessária (1) se a laringe for obstruída por corpo estranho, inflamação ou espasmos laríngeos de longa duração; (2) se uma parte da traquéia for danificada por trauma; ou (3) se uma parte da traquéia for removida como ocorre no tratamento para o câncer de laringe.

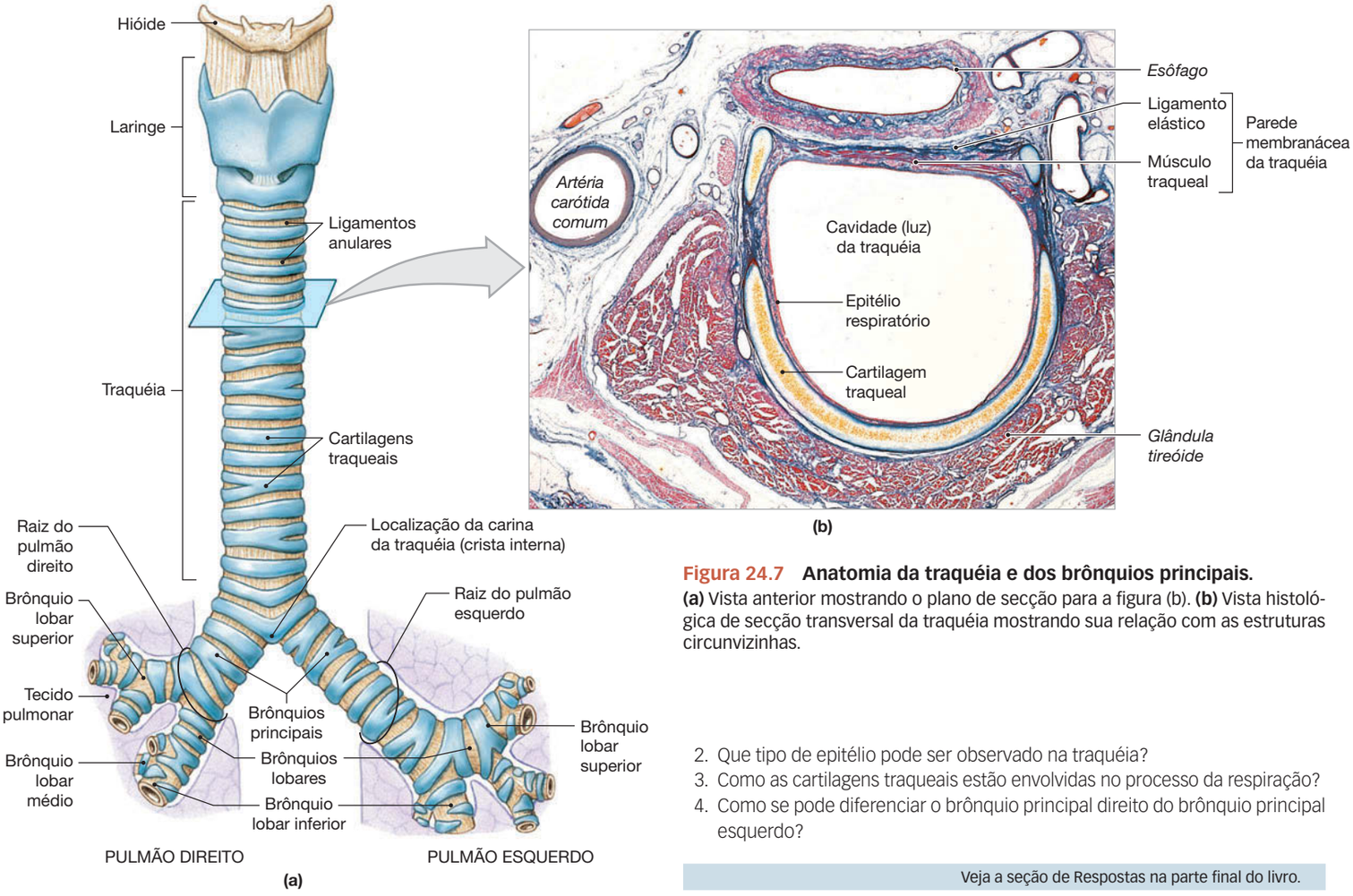


Figura 24.7 Anatomia da traquéia e dos brônquios principais.
(a) Vista anterior mostrando o plano de secção para a figura (b). **(b)** Vista histológica de secção transversal da traquéia mostrando sua relação com as estruturas circunvizinhas.

quios extrapulmonares. Uma crista interna saliente, denominada **carina da traquéia***, situa-se entre as entradas para os dois brônquios principais (Figura 24.7a). A organização histológica dos brônquios principais é a mesma da traquéia, contendo também arcos cartilagíneos de sustentação com a forma da letra C. Cada brônquio principal conduz ar ao pulmão correspondente. O brônquio principal direito tem um diâmetro maior que o esquerdo, e seu trajeto descendente em direção ao pulmão é mais vertical. Por esses motivos, corpos estranhos que entram na traquéia se alojam geralmente no brônquio principal direito, mais do que no esquerdo.

Cada brônquio principal dirige-se a uma região de acesso na face mediastinal do pulmão correspondente, antes de prosseguir sua ramificação. Essa região, o **hilo do pulmão**, também oferece acesso à passagem dos vasos e nervos pulmonares. Este conjunto de estruturas é firmemente sustentado por uma rede de tecido conectivo denso e é conhecido como **raiz do pulmão**, sustentando o pulmão na cavidade torácica e estabilizando as posições dos grandes vasos sangüíneos, nervos e vasos linfáticos. As raízes dos pulmões estão localizadas anteriormente às vértebras T V (direito) e T VI (esquerdo).

REVISÃO DOS CONCEITOS

1. As cartilagens que constituem a estrutura da traquéia não são anéis completos, mas apresentam a forma da letra C. De que maneira esse formato facilita a deglutição e também protege a traquéia?
2. Que tipo de epitélio pode ser observado na traquéia?
3. Como as cartilagens traqueais estão envolvidas no processo da respiração?
4. Como se pode diferenciar o brônquio principal direito do brônquio principal esquerdo?

Veja a seção de Respostas na parte final do livro.

* N. de R.T. A carina da traquéia é um importante referencial em broncoscopia.

Os pulmões [Figura 24.8]

Os pulmões direito e esquerdo (Figura 24.8) estão situados na cavidade torácica, envoltos pelas correspondentes cavidades pleurais direita e esquerda. Cada pulmão apresenta o formato de um cone com a extremidade superior arredondada, chamada de **ápice do pulmão**. O ápice do pulmão se estende até a região da base do pescoço, superiormente à primeira costela. A porção inferior, côncava e ampla, ou **base do pulmão**, apóia-se na superfície superior do diafragma.

Os lobos dos pulmões [Figura 24.8]

Os pulmões apresentam **lobos** distintos, separados por fissuras profundas. O **pulmão direito** apresenta três lobos: **superior**, **médio** e **inferior**. A *fissura horizontal* separa os lobos superior e médio. A *fissura oblíqua* separa os lobos superior e inferior. O **pulmão esquerdo** apresenta somente dois lobos, **superior** e **inferior**, separados pela *fissura oblíqua* (Figura 24.8). O pulmão direito é maior que o esquerdo porque a maior parte do coração e dos grandes vasos projeta-se em direção à cavidade pleural esquerda. Entretanto, o pulmão esquerdo é mais longo que o direito, pois o diafragma eleva-se mais do lado direito para acomodar o fígado na cavidade abdominal.

As faces do pulmão [Figura 24.8]

As superfícies anterior, lateral e posterior do pulmão, de contorno convexo, acompanham a curvatura interna da caixa torácica, constituindo a **face costal** (Figura 24.8a). A **face mediastinal** (*medial*) contém o hilo do pul-

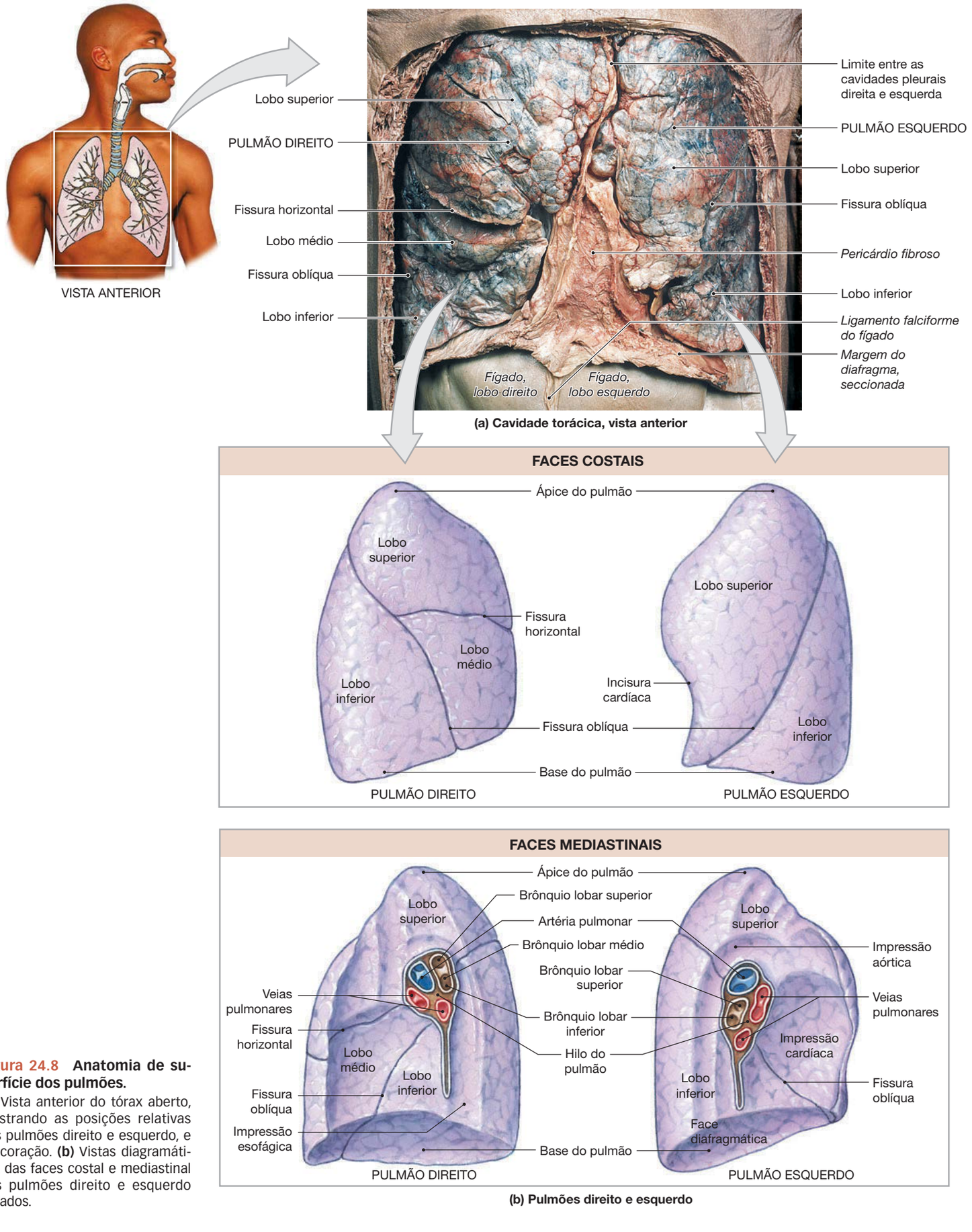


Figura 24.8 Anatomia de superfície dos pulmões.
(a) Vista anterior do tórax aberto, mostrando as posições relativas dos pulmões direito e esquerdo, e do coração. **(b)** Vistas diagramáticas das faces costal e mediastinal dos pulmões direito e esquerdo isolados.

mão e apresenta formato mais irregular (Figura 24.8b). As faces mediastinais de ambos os pulmões apresentam impressões que marcam as posições dos grandes vasos e do coração. O coração está localizado à esquerda da linha mediana, e o pulmão esquerdo apresenta uma grande *impressão cardíaca*. Na vista anterior, a margem anterior do pulmão direito forma uma linha vertical, enquanto a margem anterior do pulmão esquerdo possui uma concavidade, a **incisura cardíaca do pulmão esquerdo**.

O tecido conectivo da raiz de cada pulmão se estende até seu tecido próprio, o **parênquima pulmonar**. Essas partições fibrosas, ou **trabéculas**, contêm fibras elásticas, músculo liso e vasos linfáticos, e se ramificam repetidamente, dividindo os lobos em compartimentos cada vez menores. As ramificações das vias condutoras de ar, vasos pulmonares e nervos dos pulmões acompanham essas trabéculas até atingirem seus destinos periféricos. As partições terminais, ou **septos**, dividem o pulmão em **lóbulos**, cada qual suprido por ramificações das artérias pulmonares, drenado por tributárias das veias pulmonares e ventilado pelas vias respiratórias. O tecido conectivo dos septos é contínuo ao da pleura visceral. Estudaremos agora as ramificações dos brônquios a partir do hilo do pulmão até os alvéolos pulmonares.

Os brônquios pulmonares [Figuras 24.7/24.9/24.10]

Os brônquios principais e seus ramos formam a *árvore bronquial*. Como os brônquios principais esquerdo e direito estão localizados fora dos pulmões, são denominados *brônquios extrapulmonares*. Ao penetrar nos pulmões, os brônquios principais dividem-se em ramos menores (Figuras 24.7, 24.9 e 24.10). Esses ramos são coletivamente denominados *brônquios intrapulmonares*.

Cada brônquio principal divide-se para constituir **brônquios lobares** (secundários). Cada brônquio lobar se ramifica em **brônquios segmentares** (terciários). O padrão de ramificação varia dependendo do pulmão considerado. Cada brônquio segmentar conduz o ar para um único *segmento broncopulmonar*, uma parte específica do pulmão (Figura 24.10a,b). Existem 10 brônquios segmentares (e 10 segmentos broncopulmonares) no pulmão direito. O pulmão esquerdo também apresenta 10 segmentos durante o desenvolvimento, mas fusões subseqüentes geralmente reduzem tal número para 8 ou 9. As paredes dos brônquios principais, lobares e segmentares contêm quantidades progressivamente menores de cartilagem. As paredes dos brônquios lobares e segmentares contêm placas cartilagíneas, organizadas em torno da cavidade, que desempenham a mesma função dos arcos cartilagíneos da traquéia e dos brônquios principais.

Ramos do brônquio principal direito [Figuras 24.7/24.10]

O pulmão direito apresenta três lobos, e o brônquio principal direito se divide em três brônquios lobares: **brônquio lobar superior**, **brônquio lobar médio** e **brônquio lobar inferior**. Os brônquios lobares médio e inferior ramificam-se a partir do brônquio principal direito imediatamente após sua entrada no hilo do pulmão (Figura 24.7). Cada brônquio lobar conduz ar ao lobo correspondente do pulmão direito (Figura 24.10).

Ramos do brônquio principal esquerdo [Figuras 24.7/24.9/24.10]

O pulmão esquerdo possui dois lobos, e o brônquio principal esquerdo divide-se em dois brônquios lobares: um **brônquio lobar superior** e um **brônquio lobar inferior** (Figuras 24.7, 24.9 e 24.10).

Ramos dos brônquios lobares [Figura 24.10a,d]

Os brônquios lobares de cada pulmão dividem-se para formar brônquios segmentares. No pulmão direito, três brônquios segmentares ventilam o lobo superior, dois ventilam o lobo médio e cinco ventilam o lobo inferior. O lobo superior do pulmão esquerdo geralmente contém quatro brônquios segmentares, enquanto o lobo inferior possui cinco (Figura 24.10a,d). Os brônquios segmentares conduzem o ar até os segmentos broncopulmonares dos pulmões.

Os segmentos broncopulmonares [Figura 24.10a,b,d]

Cada lobo do pulmão pode ser dividido em unidades menores denominadas **segmentos broncopulmonares**. Cada segmento consiste em tecido pulmonar associado a um único brônquio segmentar. Os segmentos broncopulmonares são nomeados de acordo com os brônquios segmentares a eles associados (Figura 24.10a,b,d).

Os bronquíolos [Figuras 24.9/24.11a,b]

Cada brônquio segmentar ramifica-se diversas vezes no interior do segmento broncopulmonar, originando aproximadamente 6.500 **bronquíolos terminais** menores. Os bronquíolos terminais apresentam diâmetro aproximado de 0,3 a 0,5 mm. Nas paredes dos bronquíolos terminais, que não

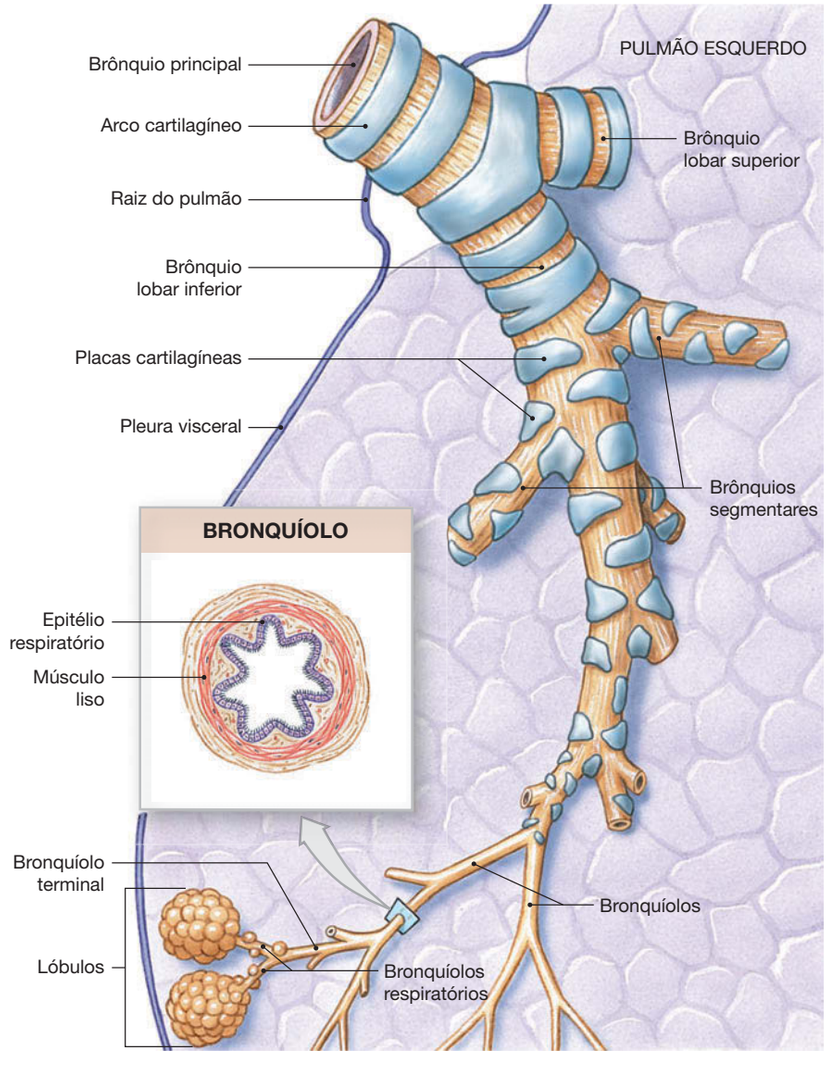
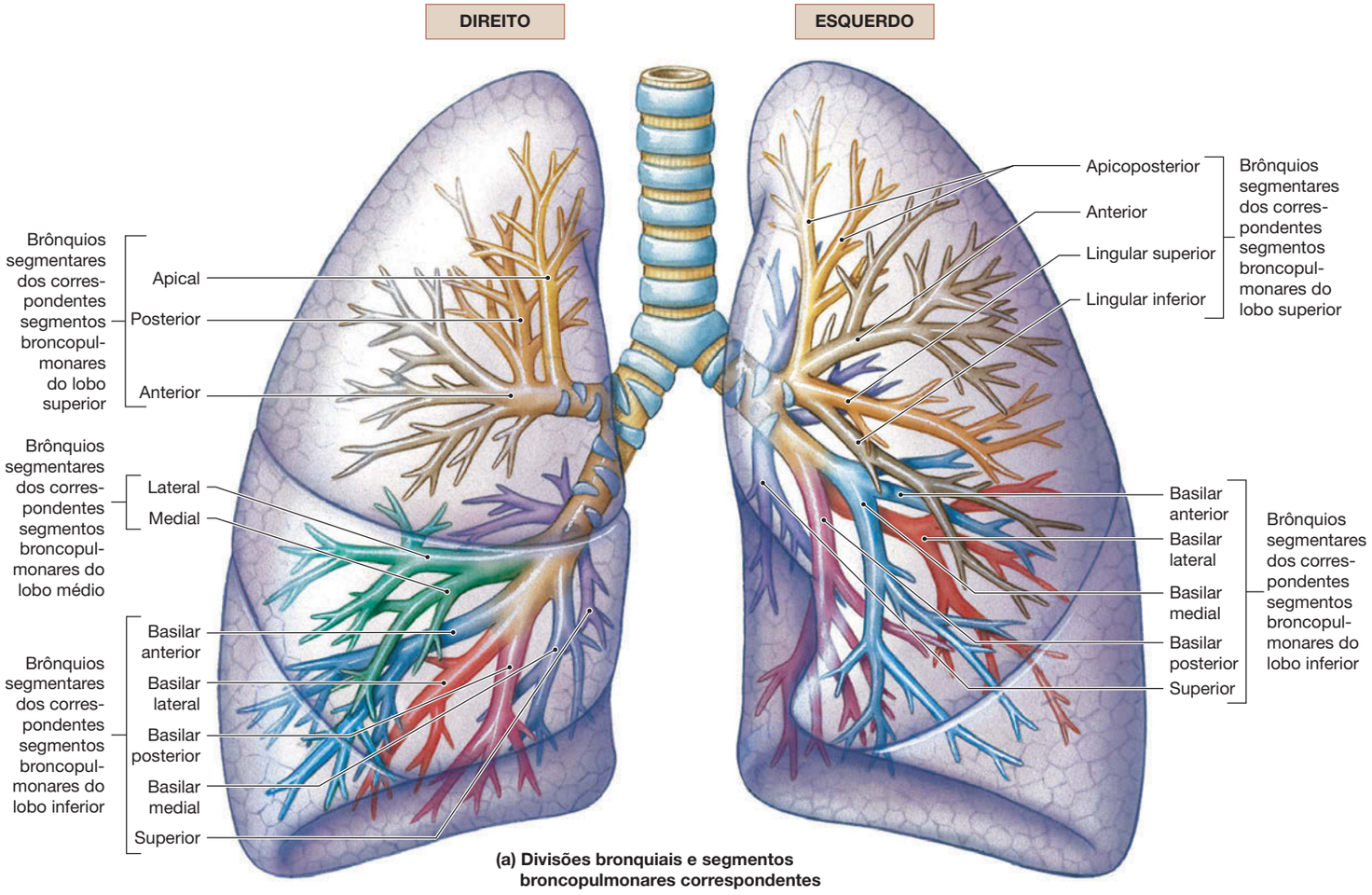
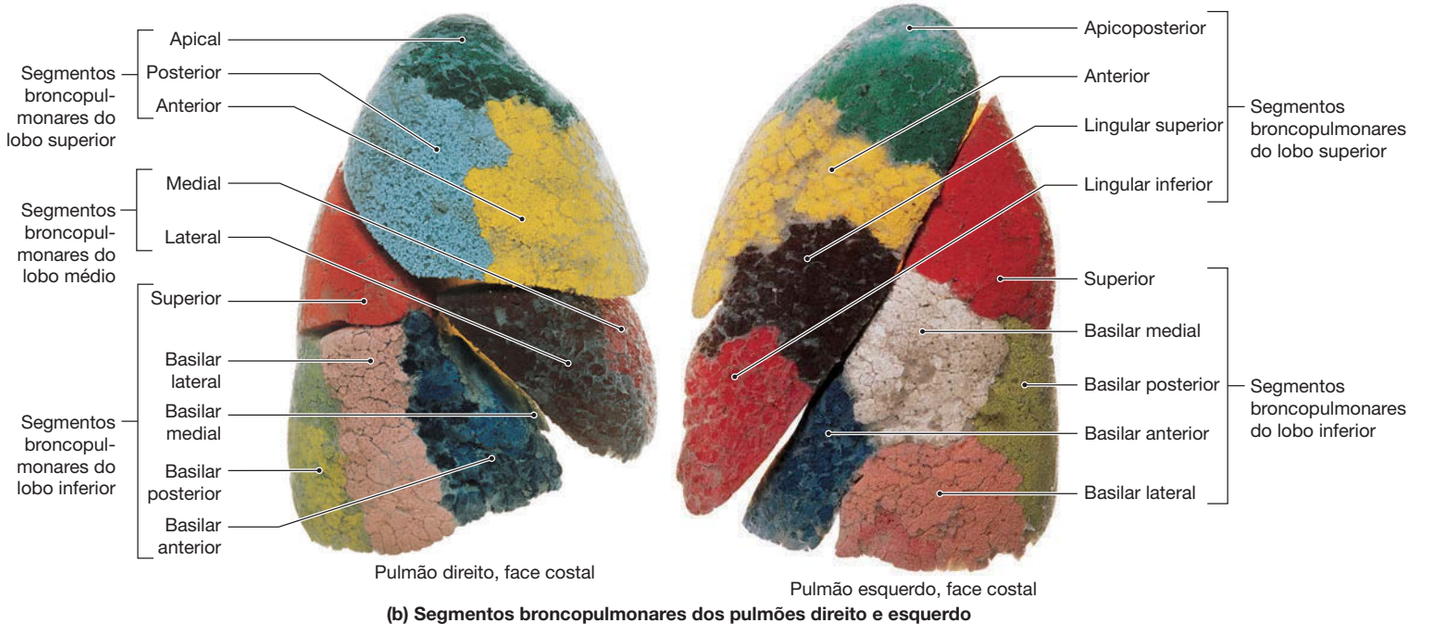


Figura 24.9 Brônquios e bronquíolos.
Para maior clareza, o grau de ramificação foi reduzido; uma via condutora de ar ramifica-se aproximadamente 23 vezes antes de atingir o nível de um lóbulo.



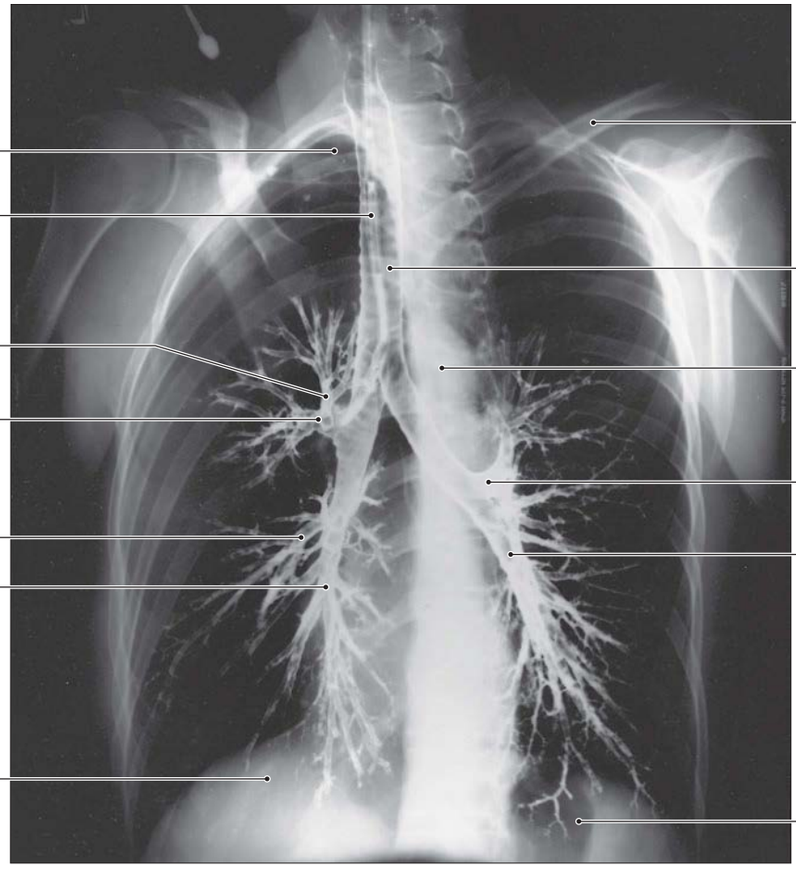
(a) Divisões bronquiais e segmentos broncopulmonares correspondentes



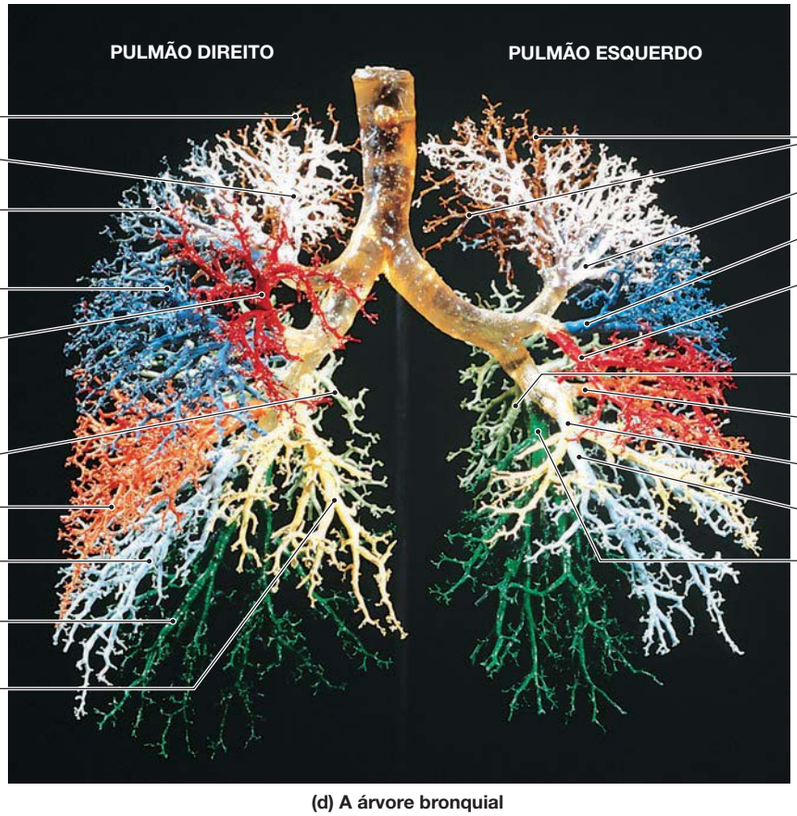
(b) Segmentos broncopulmonares dos pulmões direito e esquerdo

Figura 24.10 A árvore bronquial e as divisões dos pulmões.

(a) Anatomia macroscópica dos pulmões, mostrando a árvore bronquial e suas divisões. **(b)** Pulmões direito e esquerdo isolados, coloridos para mostrar a distribuição dos segmentos broncopulmonares.



(c) Broncograma



(d) A árvore bronquial

Figura 24.10 (*continuação*).
(c) Broncografia da árvore bronquial, vista ântero-posterior. **(d)** Modelo plástico colorido de árvore bronquial adulta. Todos os ramos em um dado segmento broncopulmonar foram pintados com a mesma cor.

Nota clínica

DPOC: asma, bronquite e enfisema pulmonar A *doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC)* é uma doença progressiva das vias aéreas que restringe o fluxo de ar e reduz a ventilação alveolar. Três padrões de sintomas podem manifestar-se em indivíduos com DPOC. A *asma*, ou *bronquite asmática*, é o termo geralmente utilizado quando os sintomas são agudos e intermitentes. Os termos *bronquite* e *enfisema pulmonar* são utilizados quando os sintomas são crônicos e só progridem lentamente para uma fase crítica de descompensação. Entretanto, como os sintomas e as causas destas condições se sobrepõem, o termo DPOC tem sido utilizado na prática clínica para fazer referência às três doenças.

A **asma** apresenta incidência estimada de 3 a 6% na população dos Estados Unidos. Indivíduos com vias aéreas mais sensíveis e irritáveis em relação à população normal respondem a fatores irritativos com uma reação de constrição, denominada *broncoespasmo*. Em muitos casos, o fator desencadeante parece ser uma reação imediata de hipersensibilidade à presença de algum alérgeno no ar inspirado. Reações a drogas, poluição do ar, infecções respiratórias crônicas, atividade física e estresse emocional também podem induzir crises asmáticas em indivíduos com predisposição.

Os sintomas mais evidentes e potencialmente graves incluem (1) a contração do músculo liso ao longo da árvore bronquial, (2) o edema da túnica mucosa das vias respiratórias e (3) a produção acelerada de muco. A combinação destes fatores dificulta muito a respiração. A expiração é mais prejudicada do que a inspiração; as vias estreitam-se e freqüentemente colabam antes que a expiração se complete. Apesar do aumento da produção de muco, seu transporte torna-se mais lento, o que causa um acúmulo desta secreção ao longo das vias respiratórias. Tosse e sibilos então se desenvolvem. A broncoconstrição e a produção do muco ocorrem dentro de poucos minutos em resposta à liberação de histamina e de prostaglandina por mastócitos. Dentro de algumas horas, neutrófilos e eosinófilos migram para a região, que se torna inflamada, reduzindo ainda mais o fluxo aéreo e danificando tecidos respiratórios. Uma crise grave reduz a capacidade funcional do sistema respiratório. Tecidos do corpo não recebem quantidades adequadas de oxigênio, uma condição potencialmente fatal. A incidência anual de óbitos por asma nos Estados Unidos é de aproximadamente quatro mortes em um milhão na população entre 5 e 34 anos de idade. A mortalidade entre afro-americanos asmáticos é duas vezes maior em relação a americanos brancos.

O tratamento da asma envolve a dilatação das vias respiratórias por meio da administração de **broncodilatadores** (drogas que produzem um relaxamento do músculo liso da árvore bronquial) e da redução do processo inflamatório e do edema da túnica mucosa respiratória com a administração de medicamentos antiinflamatórios. Broncodilatadores importantes incluem a *teofilina*, a *epinefrina*, o *albuterol* e outras drogas beta-adrenérgicas. Ainda que as drogas beta-adrenérgicas mais potentes sejam bastante úteis durante a crise, sua efetividade é restrita a breves períodos e o uso excessivo deste tipo de medicamento pode reduzir sua eficácia.

A **bronquite** é um processo inflamatório e um edema do revestimento dos brônquios, levando à secreção excessiva de muco. O sintoma mais característico é a tosse freqüente e a produção profusa de esputo (escarro). Estima-se que 20% dos homens adultos apresentem bronquite crônica, uma condição mais comumente associada ao tabagismo, porém causada também por outros agentes ambientais irritativos. Ao longo do tempo, a produção excessiva de muco pode bloquear as vias aéreas de menor calibre, diminuindo a eficiência da difusão gasosa e da respiração. Infecções bacterianas crônicas que ocasionam danos pulmonares mais extensos são comuns. O tratamento envolve a cessação do tabagismo e a administração de broncodilatadores, antibióticos e oxigênio suplementar, conforme a necessidade.

O **enfisema** é uma doença crônica e progressiva caracterizada por dispnéia e dificuldade de realizar esforços físicos. O problema subjacente é a destruição das superfícies respiratórias de difusão gasosa; os bronquíolos respiratórios e os alvéolos pulmonares são funcionalmente eliminados. Os alvéolos gradualmente expandem-se e os capilares degeneram-se, produzindo grandes cavidades não-funcionais no interior dos pulmões, onde a difusão gasosa é severamente diminuída ou extinta.

Infelizmente, a perda dos alvéolos e bronquíolos no enfisema é irreversível. A evolução da doença pode ser contida pela interrupção do tabagismo. O único tratamento efetivo para a maioria dos casos mais graves é a administração de oxigênio suplementar. Transplantes de pulmão e ressecção cirúrgica do tecido pulmonar não-funcional são medidas que têm auxiliado alguns pacientes.

Existem dois padrões clínicos nos estágios avançados da doença. Indivíduos com enfisema tendem a manter a pressão arterial dentro dos limites normais. Os músculos respiratórios são muito solicitados e há um grande dispêndio de energia apenas com a função respiratória. Como resultado, esses indivíduos tendem a ser magros. Como a oxigenação do seu sangue é praticamente normal, a coloração da pele em indivíduos brancos com enfisema é rósea. A combinação da respiração com esforço e a coloração rósea da pele justificam o termo descritivo "sopradores róseos" (*pink puffers*) atribuído aos indivíduos com esta condição. Indivíduos com bronquite crônica podem apresentar sintomas de insuficiência cardíaca, inclusive edema generalizado. A oxigenação do seu sangue é baixa e a coloração da pele pode ser azulada. A combinação do edema generalizado e da coloração azulada da pele explica o termo descritivo "inchados azuis" (*blue bloaters*) atribuído a tais pacientes.

apresentam suporte cartilagíneo, a presença de tecido muscular liso é predominante (Figuras 24.9 e 24.11a,b). O sistema nervoso autônomo regula a atividade da camada muscular lisa dos bronquíolos terminais e, dessa forma, controla seu diâmetro. A estimulação simpática e a liberação de adrenalina (epinefrina) pela medula da glândula supra-renal determinam o alargamento das vias aéreas, ou **broncodilatação**. A estimulação parassimpática causa a **broncoconstrição**. Essas modificações alteram a resistência ao fluxo de ar em direção ou a partir das superfícies respiratórias de difusão gasosa. A contração do músculo liso geralmente produz uma série de pregas na túnica mucosa dos bronquíolos, e a estimulação excessiva, como na *asma*, pode praticamente impedir o fluxo aéreo ao longo dos bronquíolos terminais.

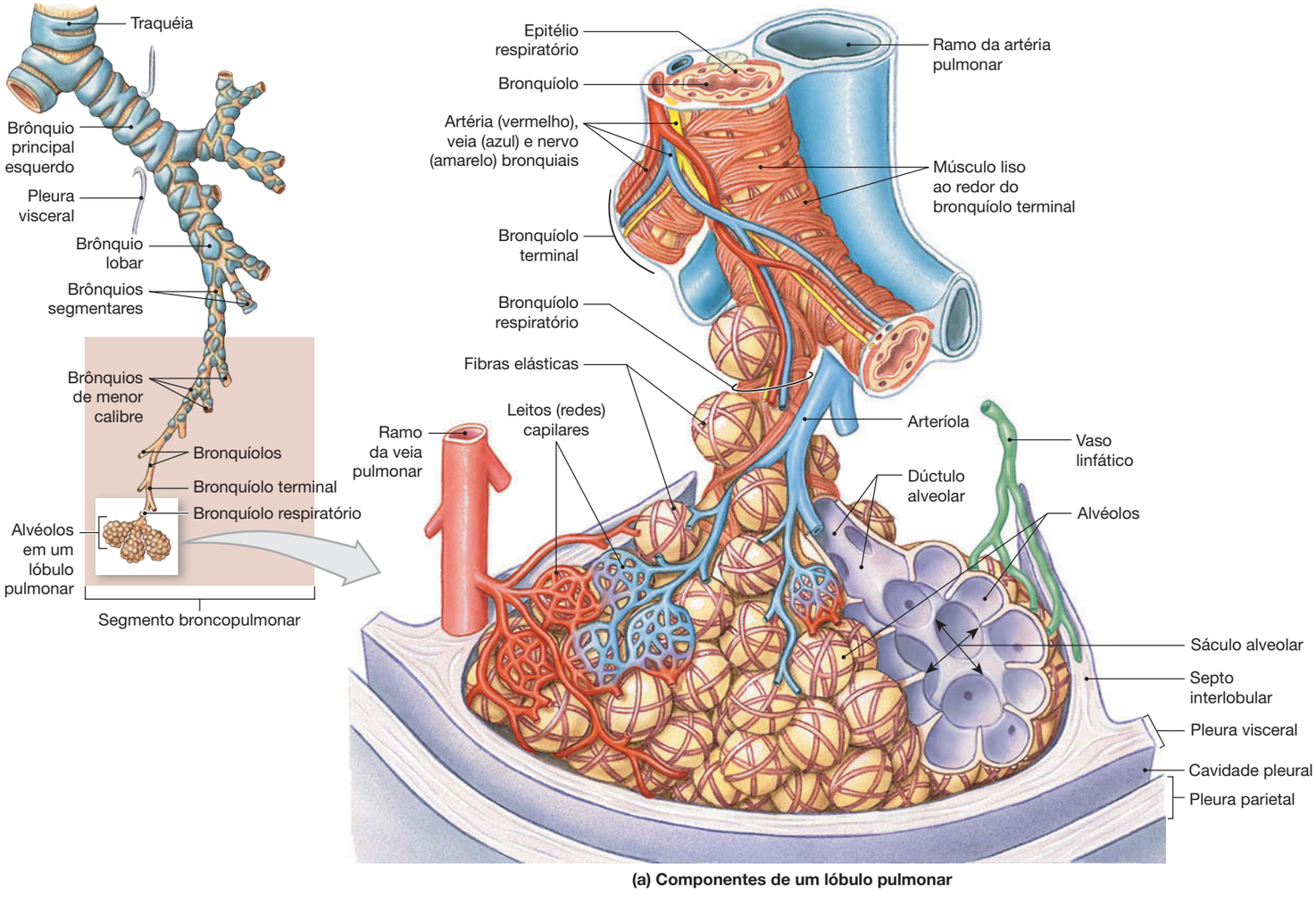
Cada bronquíolo terminal conduz ar a um único lóbulo pulmonar. No interior do lóbulo, o bronquíolo terminal divide-se para formar vários **bronquíolos respiratórios**, que são os mais finos e delicados ramos da árvore bronquial e conduzem o ar às superfícies de difusão gasosa dos pulmões. A filtração e o umedecimento preliminares do ar inspirado são completados antes de o ar deixar os bronquíolos terminais. As células epiteliais dos bronquíolos respiratórios e dos bronquíolos terminais menores são cubóides. Cílios são raros, e não há células mucosas ou glândulas mucosas subjacentes.

Dúctulos alveolares e alvéolos [Figuras 24.11/24.12]

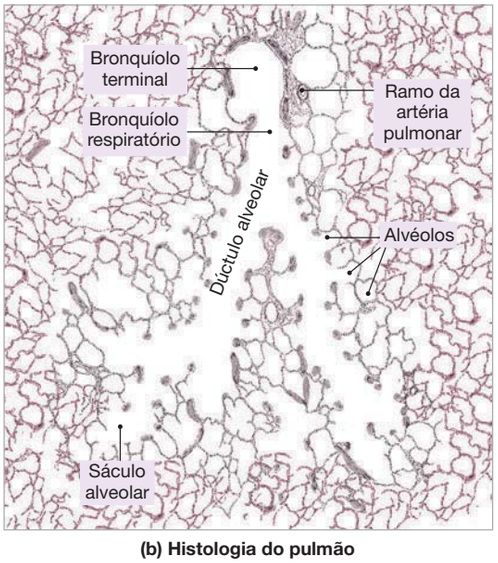
Os bronquíolos respiratórios são conectados a alvéolos individuais e a múltiplos alvéolos ao longo de regiões denominadas **dúctulos alveolares**. Essas passagens de ar terminam em **sáculos alveolares**, câmaras comuns conectadas a vários alvéolos individuais (Figuras 24.11 e 24.12a-c). Cada pulmão contém aproximadamente 150 milhões de alvéolos, o que confere ao pulmão uma aparência aberta e esponjosa. Uma extensa rede de vasos capilares está associada com cada alvéolo (Figura 24.12c); os vasos capilares são envolvidos por uma rede de fibras elásticas. Esse tecido elástico ajuda a manter as posições relativas dos alvéolos e dos bronquíolos respiratórios. O retorno à posição original dessas fibras durante a expiração reduz o tamanho dos alvéolos e auxilia no processo de expiração.

O alvéolo e a membrana respiratória [Figura 24.12c,d]

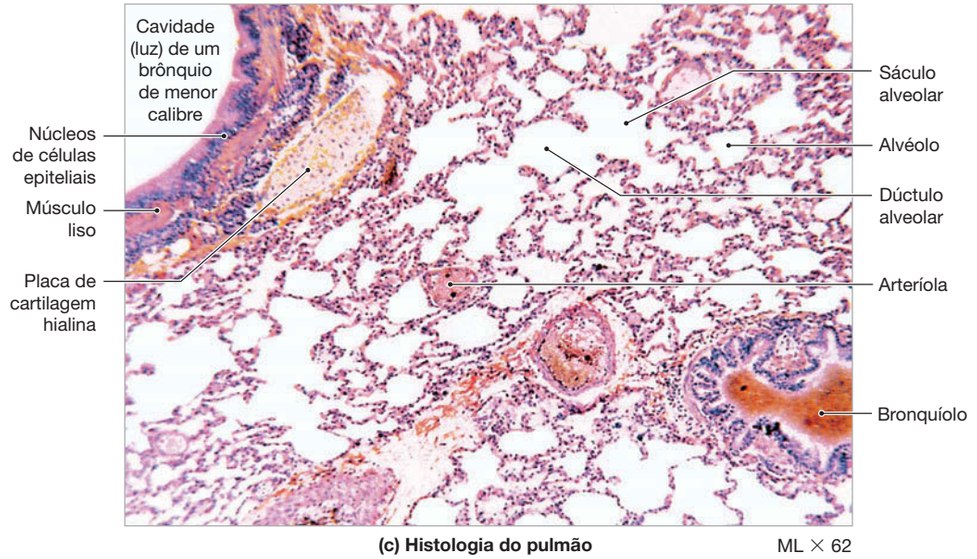
O epitélio alveolar é composto primariamente de epitélio escamoso simples (Figura 24.12c). As células epiteliais escamosas, denominadas **pneumócitos tipo I**, ou *células alveolares tipo I*, são extremamente finas e delicadas. Os **pneumócitos tipo II**, ou *células alveolares tipo II*, encontram-se esparsos



(a) Componentes de um lóbulo pulmonar



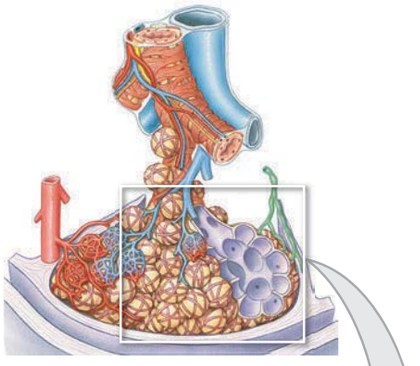
(b) Histologia do pulmão

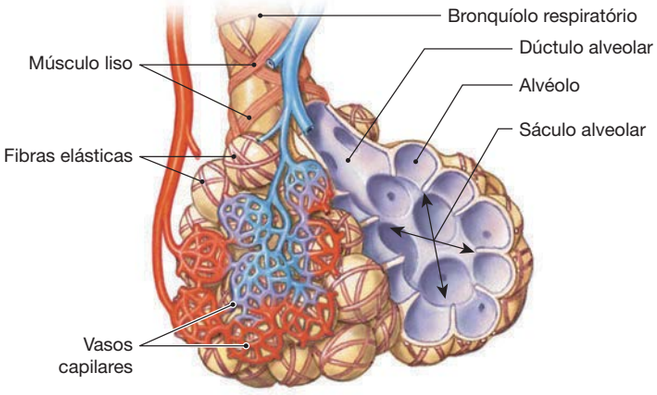


(c) Histologia do pulmão ML × 62

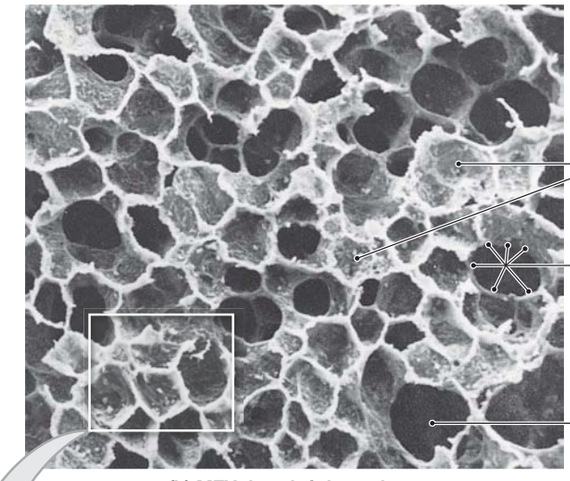
Figura 24.11 Brônquios e bronquíolos.
(a) A estrutura de uma parte de um único lóbulo. **(b)** e **(c)** Secções histológicas do pulmão.

Figura 24.12 Organização alveolar.
(a) Estrutura básica de um lóbulo, seccionado para revelar a disposição dos dúctulos alveolares e alvéolos. Uma rede de vasos capilares circunda cada alvéolo. Esses capilares são envolvidos por fibras elásticas. **(b)** MEV do tecido pulmonar, mostrando o aspecto e a organização dos alvéolos. **(c)** Vista seccional diagramática da estrutura alveolar e da membrana respiratória. **(d)** A membrana respiratória.

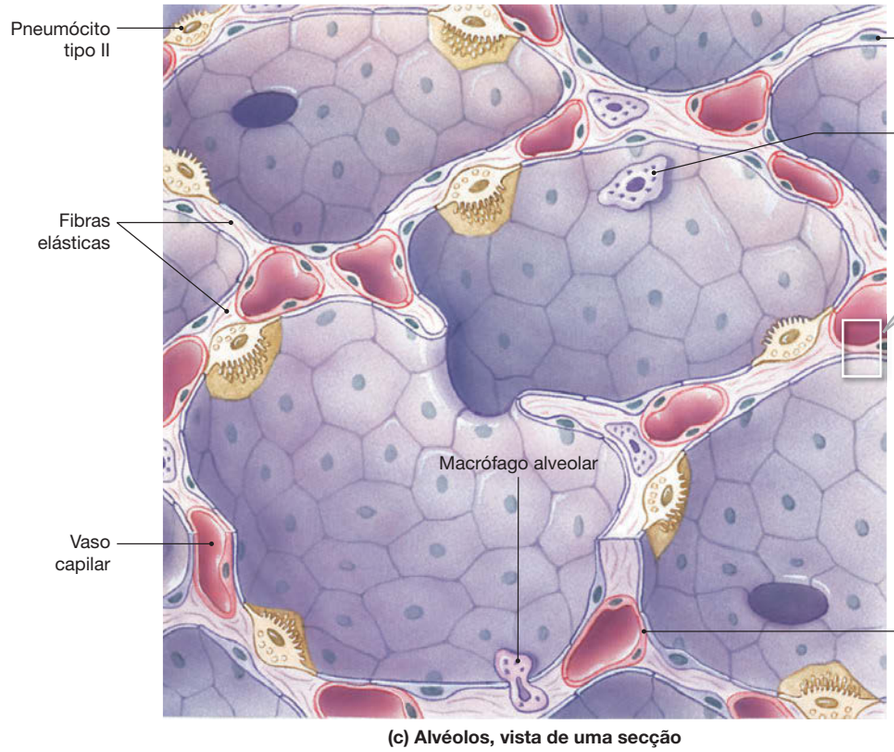




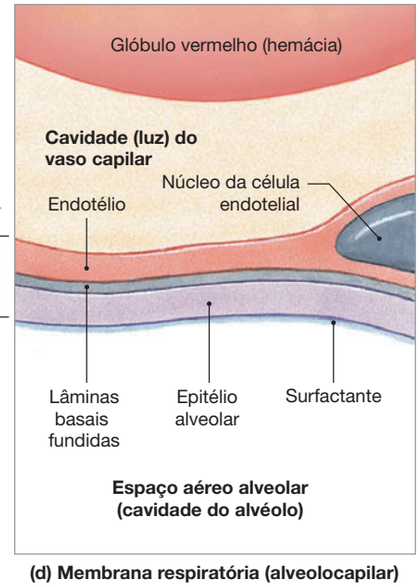
(a) Organização alveolar



(b) MEV dos alvéolos pulmonares



(c) Alvéolos, vista de uma secção



(d) Membrana respiratória (alveolocapilar)

por entre as células escamosas. Essas células grandes produzem uma secreção oleosa que contém uma mistura de fosfolipídeos. Essa secreção, denominada **surfactante**, reveste a superfície interna de cada alvéolo e reduz a tensão superficial do revestimento líquido da superfície alveolar. Sem o surfactante, os alvéolos colapsariam. **Macrófagos alveolares** ("células de poeira") esparsos pelo epitélio patrulham a região, fagocitando qualquer partícula que ultrapasse as defesas respiratórias e atinja as superfícies alveolares.

As difusões gasosas ocorrem em áreas onde as lâminas basais do epitélio alveolar e do endotélio dos vasos capilares adjacentes estão fundidas (Figura 24.12d). Nessas áreas, a distância total que separa o sistema respiratório do sistema circulatório pode chegar a 0,1 μm. A difusão através desta **membrana respiratória (alveolocapilar)** processa-se muito rapidamente, pois (1) a distância é pequena e (2) os gases são lipossolúveis. As membranas das células epiteliais e endoteliais também não oferecem obstáculo para o movimento do oxigênio e do dióxido de carbono entre o sangue e os espaços aéreos alveolares.

REVISÃO DOS CONCEITOS

1. Por que fumantes crônicos desenvolvem a característica "tosse do fumante"?
2. A bronquite crônica envolve a produção excessiva de muco. Ao longo do tempo, como isso pode afetar a respiração?
3. Por que praticamente não existem cílios, células mucosas ou glândulas mucosas nos bronquíolos respiratórios?
4. Qual é a função do surfactante produzido pelas células alveolares?

Veja a seção de Respostas na parte final do livro.

Suprimento sangüíneo aos pulmões [Figura 24.11a]

As superfícies respiratórias de difusão gasosa recebem sangue das artérias da circulação pulmonar. As artérias pulmonares direita e esquerda penetram no hilo do pulmão correspondente e se ramificam juntamente com os brônquios até atingirem os lóbulos pulmonares. Cada lóbulo recebe uma arteríola e uma vênula, e uma rede de vasos capilares envolve cada alvéolo imediatamente subjacente à membrana respiratória. Além de oferecer um mecanismo para a difusão gasosa, os capilares alveolares são as principais fontes de *enzima conversora da angiotensina*, que converte a angiotensina I circulante em angiotensina II, um hormônio envolvido na regulação do volume e da pressão sangüíneos. pág. 518

O sangue advindo dos vasos capilares alveolares passa pelas vênulas e atinge as veias pulmonares, que o conduzem para o átrio esquerdo. A parte condutora do sistema respiratório recebe sangue da *artéria carótida externa* (nariz, faringe e laringe), do *tronco tireocervical* (ramo da artéria subclávia que supre a parte inferior da laringe e a traquéia) e das *artérias bronquiais* (Figura 24.11a). Os capilares que resultam da ramificação das artérias bronquiais fornecem oxigênio e nutrientes às vias aéreas dos pulmões, enquanto o sangue venoso é drenado pelas próprias veias pulmonares, que o desviam da circulação sistêmica, misturando-o ao sangue oxigenado proveniente dos alvéolos.

A cavidade pleural e a pleura [Figuras 24.8a/24.13]

A cavidade torácica apresenta o formato de um cone amplo; suas paredes são constituídas pela caixa torácica, e o soalho é formado pelo diafragma. As duas *cavidades pleurais* são separadas pelo mediastino (Figuras 24.8a e 24.13). Cada pulmão está envolto por uma cavidade pleural, que é delimitada por uma túnica serosa, a **pleura**. A pleura consiste em duas lâminas contínuas. A **pleura parietal** recobre a superfície interna da parede torácica e se estende sobre o diafragma e a região do mediastino. A **pleura visceral** recobre as superfícies externas do pulmão, estendendo-se para o interior das fissuras entre os lobos. O espaço entre as pleuras parietal e visceral é denominado **cavidade pleural**. Na realidade, cada cavidade pleural representa um espaço potencial, e não uma câmara aberta, pois as lâminas parietal e visceral são contínuas e estão em íntimo contato. Uma pequena quantidade de **líquido pleural** é secretada por ambas as pleuras. O líquido pleural recobre as superfícies pleurais opostas, e essa camada úmida e viscosa reduz o atrito entre as pleuras parietal e visceral durante a respiração.

A inflamação da pleura, condição denominada **pleurisia (pleurite)**, pode causar a produção e secreção excessiva de líquido pleural; por outro lado, as pleuras inflamadas podem aderir-se uma à outra, limitando a movimentação relativa. Em ambas as formas dessa doença, a respiração é dificultada e cuidados médicos são necessários.

Nota clínica

Câncer de pulmão Cânceres de pulmão respondem atualmente por cerca de 13% dos novos casos de câncer registrados e por 28% do número de óbitos por câncer, o que faz desta doença a principal causa de morte por câncer na população dos Estados Unidos. A mortalidade por cânceres de pulmão é maior do que a mortalidade associada aos cânceres de colo, mama e próstata. Apesar dos avanços no tratamento de outras formas de câncer, o índice de sobrevivência em casos de câncer de pulmão não sofreu modificações significativas.

Evidências experimentais e análises estatísticas detalhadas mostram que *entre 85 e 90% de todos os tipos de cânceres de pulmão são resultado direto do tabagismo*. A incidência de câncer de pulmão em não-fumantes é de 3,4 para 100.000 indivíduos, enquanto em fumantes este valor varia de 59,3 para 100.000 em indivíduos que consomem entre meio maço e um maço por dia, até 217,3 para 100.000 em indivíduos que consomem de um a dois maços por dia. Antes de 1970, esta doença afetava essencialmente homens de meia-idade, porém a mortalidade por câncer de pulmão em mulheres aumentou com o concomitante aumento do número de mulheres fumantes (uma tendência iniciada nos anos 40).

O tabagismo modifica a qualidade do ar inspirado, tornando-o seco e contaminado com partículas em suspensão e vários componentes carcinogênicos. Essa combinação de agentes agressores sobrecarrega as defesas do sistema respiratório e danifica as células epiteliais ao longo do sistema respiratório. O risco de desenvolvimento de câncer de pulmão está relacionado à exposição cumulativa a agentes carcinogênicos. Quanto maior a quantidade de cigarros consumidos, maior o risco, independentemente de o consumo se estender por semanas ou anos. A qualquer momento anterior à formação do tumor, as modificações histológicas produzidas pelo cigarro são reversíveis; o epitélio normal se restabelece se a exposição aos agentes carcinogênicos for interrompida. Da mesma forma, o risco estatístico declina a níveis significativamente mais baixos. Dez anos após a interrupção do uso do cigarro, um ex-fumante apresenta riscos apenas 10% maiores de desenvolver câncer de pulmão em relação a um não-fumante.

O fato de o tabagismo tipicamente causar câncer não é surpresa, considerando os agentes químicos tóxicos contidos no cigarro. É surpreendente, porém, o fato de que um número progressivamente maior de fumantes não desenvolva câncer de pulmão. Evidências científicas sugerem que alguns fumantes possam apresentar predisposição genética para desenvolver alguma forma de câncer de pulmão.

REVISÃO DOS CONCEITOS

1. Explique como uma embolia pulmonar que acomete um grande vaso pulmonar pode causar insuficiência cardíaca.

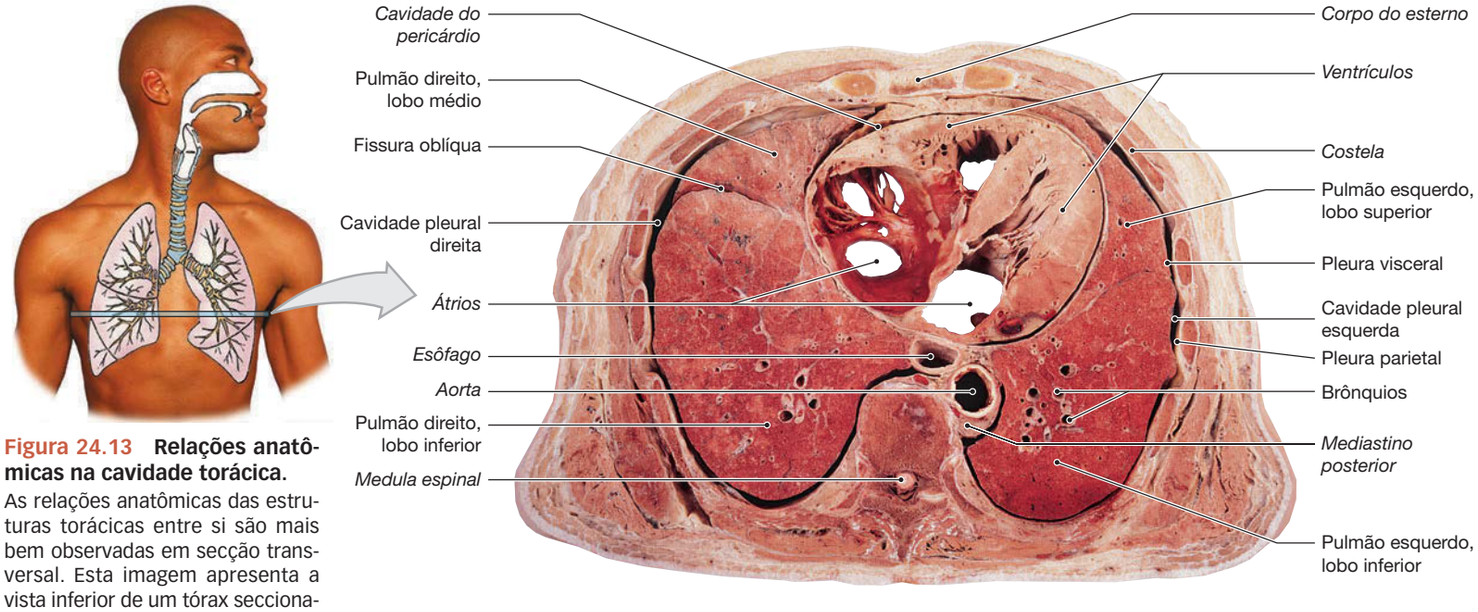


Figura 24.13 Relações anatômicas na cavidade torácica. As relações anatômicas das estruturas torácicas entre si são mais bem observadas em secção transversal. Esta imagem apresenta a vista inferior de um tórax seccionado no nível da vértebra T VIII.

2. Qual é a função do líquido pleural?
3. Quais vasos suprem a parte condutora do sistema respiratório?

Veja a seção de Respostas na parte final do livro.

Músculos respiratórios e ventilação pulmonar

A **ventilação pulmonar**, ou simplesmente respiração, refere-se ao movimento físico do ar para dentro e para fora da árvore bronquial. A função da ventilação pulmonar é a manutenção da *ventilação alveolar* adequada, a movimentação do ar para dentro e para fora dos alvéolos. A ventilação alveolar evita o acúmulo de dióxido de carbono nos alvéolos e garante o suprimento contínuo de oxigênio, que acompanha a velocidade de absorção pela corrente sangüínea.

Os músculos respiratórios [Figura 24.14]*

Os músculos estriados esqueléticos envolvidos nos movimentos respiratórios foram apresentados nos Capítulos 10 e 11. Dentre esses músculos, os mais importantes são o **diafragma** e os **músculos intercostais internos** e **externos**. O diafragma torna-se tenso e plano ao se contrair, o que resulta em um aumento do volume da cavidade torácica. Quando o diafragma relaxa, ele arqueia-se superiormente e reduz o volume da cavidade torácica. O ar é succionado para o interior dos pulmões graças ao aumento do volume da cavidade torácica, e é expelido devido à diminuição desse volume. Os músculos intercostais externos podem auxiliar na inspiração elevando as costelas. A elevação das costelas produz um movimento em alavanca (braço-de-bomba) no sentido anterior, aumentando o diâmetro da cavidade torácica no seu eixo sagital (ântero-posterior). Os músculos intercostais internos abaixam as costelas e reduzem o diâmetro da cavidade torácica, auxiliando na expiração. Esses músculos e suas ações estão representados na Figura 24.14.

* N. de R.T. O autor apresenta um resumo simplificado das ações dos músculos envolvidos na respiração e das conseqüentes alterações de volume da cavidade torácica ("mecânica respiratória"). Recomenda-se a leitura de outros livros de anatomia e fisiologia para complementar.

Nota clínica

Síndrome do desconforto respiratório (SDR) Pneumócitos tipo II, distribuídos por entre as células do revestimento dos alvéolos, passam a produzir surfactante ao final do sexto mês de desenvolvimento fetal. Ao término do oitavo mês, a produção de surfactante atinge os níveis necessários para a função respiratória normal. A **síndrome do desconforto respiratório do recém-nascido (SDRRN)**, também conhecida como *doença da membrana hialina (DMH)*, desenvolve-se quando a produção de surfactante não atinge os níveis normais ao nascimento. Ainda que algumas formas de DMH sejam congênitas, a condição acompanha mais freqüentemente os nascimentos prematuros.

Na ausência de surfactante, os alvéolos tendem a colabar durante a expiração. Ainda que as vias aéreas condutoras permaneçam abertas, o recém-nascido precisa realizar esforço adicional durante a inspiração para abrir novamente os alvéolos na seqüência do processo respiratório. De fato, cada respiração deve se aproximar à potência da primeira respiração e o bebê entra rapidamente em exaustão. Os movimentos respiratórios perdem força progressivamente; por fim, os alvéolos podem não se expandir, cessando a difusão gasosa.

Um método de tratamento é a administração de ar sob pressão, para que os alvéolos sejam mantidos abertos, auxiliando o processo respiratório do neonato. Esse procedimento, conhecido como **pressão positiva expiratória final (PPEF)**, pode manter o bebê vivo até que a produção de surfactante atinja os níveis normais. Gotículas de surfactante administradas em suspensão via traquéia no primeiro dia de vida têm reduzido os índices de mortalidade por SDRRN de praticamente 100% para menos de 10%.

Anomalias referentes ao surfactante podem também ser desenvolvidas em adultos como resultado de infecções respiratórias graves ou lesões pulmonares. Segue-se o colabamento alveolar, produzindo a condição denominada **síndrome do desconforto respiratório do adulto (SDRA)**. O procedimento da PPEF mantém a vida até que o problema subjacente seja corrigido, mas pelo menos 50 a 60% dos casos de SDRA resultam em óbito.

Os **músculos respiratórios acessórios** são acionados quando a profundidade e a freqüência respiratória precisam ser aumentadas de forma

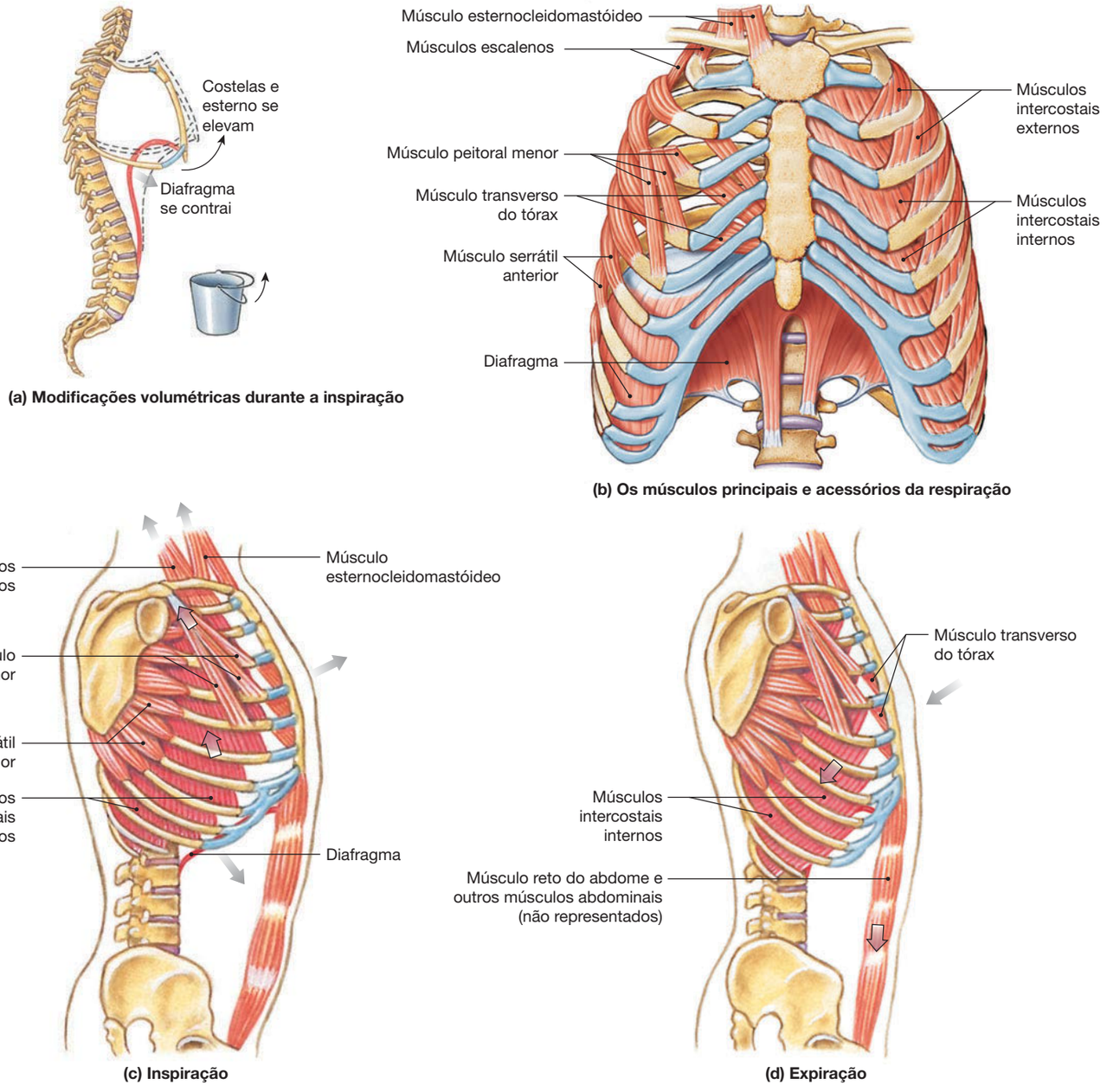


Figura 24.14 **Músculos respiratórios.**
(a) Com a elevação das costelas ou o abaixamento do diafragma, o volume da cavidade torácica aumenta e o ar é succionado para o interior dos pulmões. O movimento de expansão das costelas, conforme se elevam, assemelha-se à elevação da alça de um balde (movimento em "alça-de-balde"). **(b)** Vista anterior em repouso, sem movimentação de ar. **(c) Inspiração**, mostrando os músculos respiratórios principais e acessórios que elevam as costelas, e o diafragma se abaixa. **(d) Expiração**, mostrando os músculos respiratórios principais e acessórios que abaixam as costelas, e o diafragma se eleva.

mais acentuada. Os músculos esternocleidomastóideo, serrátil anterior, peitoral menor e escalenos atuam em conjunto com os músculos intercostais externos elevando as costelas para produzir a inspiração. Os músculos transverso do tórax, oblíquos e reto do abdome auxiliam os músculos intercostais internos a produzir a expiração, comprimindo o conteúdo abdominal e pressionando o diafragma em direção superior, reduzindo ainda mais o volume da cavidade torácica.

Movimentos respiratórios

Os músculos respiratórios podem ser acionados em diversas combinações, dependendo do volume de ar que precisa ser movimentado para dentro e para fora dos pulmões. Os movimentos respiratórios podem ser classificados em *eupnéia* ou *hiperpnéia*, dependendo de a expiração ser passiva ou ativa.

Eupnéia Na **eupnéia**, ou **respiração silenciosa (em repouso)**, a inspiração envolve contrações musculares, mas a expiração é um processo passivo. Durante a respiração silenciosa, a expansão dos pulmões distende suas fibras elásticas. Além disso, a elevação da caixa torácica (costelas) provoca uma tensão de estiramento nos músculos esqueléticos oponentes e nas fibras elásticas presentes nos tecidos conectivos da parede do corpo. Quando os músculos respiratórios relaxam, essas estruturas elásticas retraem e fazem com que o diafragma ou as costelas, ou ambos, retornem às suas posições originais.

A eupnéia pode ocorrer na *respiração diafragmática* ou na *respiração costal*.

- Durante a **respiração diafragmática**, ou **respiração profunda**, a contração do diafragma oferece a modificação necessária no volume torácico. O ar é inspirado devido à contração do diafragma e a expiração ocorre com o seu relaxamento.
- Na **respiração costal**, ou **respiração superficial**, o volume torácico se modifica pela alteração do formato da caixa torácica. A inspiração ocorre com a contração dos músculos intercostais externos que eleva as costelas e amplia a cavidade torácica. A expiração ocorre com o relaxamento desses músculos. Durante a gestação, as mulheres passam progressivamente a utilizar a respiração costal, pois o aumento do útero pressiona as vísceras abdominais contra o diafragma.

Hiperpnéia A **hiperpnéia**, ou **respiração forçada**, envolve movimentos inspiratórios e expiratórios ativos. A respiração forçada recruta os músculos acessórios para auxiliar na inspiração, e a expiração envolve a contração do músculo transverso do tórax e dos músculos intercostais internos. Quando um indivíduo está respirando em níveis máximos absolutos, como durante vigorosa atividade física, os músculos abdominais são usados na expiração forçada. A contração desses músculos comprime o conteúdo abdominal, pressionando-o contra o diafragma e reduzindo, conseqüentemente, o volume da cavidade torácica.

Modificações respiratórias ao nascimento

Existem várias diferenças importantes entre o sistema respiratório de um feto e o de um recém-nascido. Antes do nascimento, a resistência arterial pulmonar é grande, pois os vasos pulmonares estão colabados. A caixa torácica está comprimida e os pulmões e as vias aéreas não contêm ar, mas apenas uma pequena quantidade de líquido. A primeira ventilação pulmonar do recém-nascido é um esforço verdadeiramente heróico, realizado por meio de poderosas contrações do diafragma e dos músculos intercostais externos. O ar inspirado invade as vias aéreas com força suficiente para empurrar todo o líquido contido ao longo do seu trajeto, inflando toda a árvore bronquial e a maior parte dos alvéolos. A mesma queda de pressão que impele o ar para os pulmões propele o sangue para a circulação pulmonar; as mudanças que ocorrem no fluxo sangüíneo levam ao fechamento do *forame oval*, a conexão interatrial embrionária, e do *ducto arterial*, a conexão fetal entre o tronco pulmonar e a aorta. pág. 601

A expiração que se segue não esvazia completamente os pulmões, pois a caixa torácica não retorna ao seu estado de compressão completa existente antes do nascimento. As cartilagens e os tecidos conectivos mantêm abertas as vias respiratórias, e o surfactante que recobre as superfícies alveolares impede o seu colabamento. As respirações subseqüentes completam a expansão dos alvéolos.

REVISÃO DOS CONCEITOS

1. João fraturou uma costela que perfurou sua cavidade torácica no lado esquerdo. Quais estruturas podem ter sido lesadas e o que pode ocorrer ao pulmão correspondente como resultado?
2. No enfisema, os alvéolos são substituídos por grandes espaços aéreos de tecido conectivo fibroso elástico. De que maneira essas modificações afetam os pulmões?
3. Resuma as modificações que ocorrem nos sistemas circulatório e respiratório de um recém-nascido quando ele começa a respirar.

Veja a seção de Respostas na parte final do livro.

Centros respiratórios do encéfalo [Figura 24.15]

Sob condições normais, nos tecidos, a velocidade de absorção de oxigênio e de eliminação de dióxido de carbono pelas células equivale à velocidade de difusão nos vasos capilares. Em função da necessidade de ajustes freqüentes nos sistemas circulatório e respiratório para atender às contínuas modificações da demanda corporal por oxigênio, é necessária uma atividade coordenada desses sistemas. Os centros reguladores que integram as respostas de tais sistemas estão localizados na ponte e no bulbo.

Os **centros respiratórios** são três pares de núcleos organizados frouxamente na formação reticular da ponte e do bulbo (**Figura 24.15**). Esses núcleos regulam as atividades dos músculos respiratórios, ajustando a freqüência e a profundidade da ventilação pulmonar.

O **centro rítmico da respiração** (área bulbar do ritmo) estabelece o ritmo e a profundidade básicos da respiração, e pode ser subdividido em um **grupo respiratório posterior (GRP)** e um **grupo respiratório anterior (GRA)**. O grupo respiratório posterior, ou *centro inspiratório*, controla os neurônios motores que inervam os músculos intercostais e o diafragma. Esse grupo funciona a cada ciclo respiratório, seja ele na respiração em repouso ou na respiração forçada. O grupo respiratório anterior funciona so-

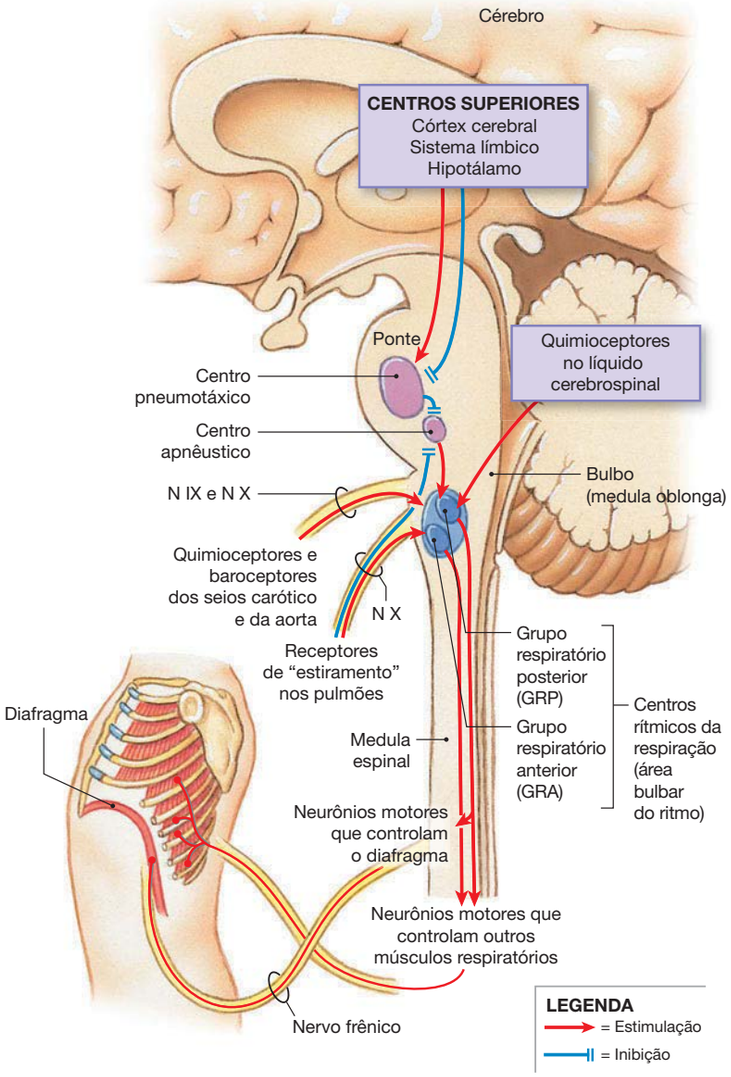


Figura 24.15 Centros respiratórios e controles reflexos.
As posições e relações entre os principais centros respiratórios e outros fatores importantes para o controle respiratório. As vias nervosas para o controle consciente sobre os músculos respiratórios não estão representadas neste desenho.

mente durante a respiração forçada, controlando os neurônios motores que inervam os músculos acessórios envolvidos na expiração ativa e na inspiração máxima. Os neurônios envolvidos na expiração ativa são algumas vezes compreendidos como estruturas integrantes do *centro expiratório*.

Os **centros apnêustico** e **pneumotáxico** da ponte são núcleos pares que ajustam os impulsos nervosos do centro rítmico, modificando, assim, o ritmo da respiração. Suas atividades coordenam a velocidade e a profundidade da respiração em resposta a estímulos sensitivos ou a instruções de centros superiores. As localizações dos centros apnêustico, pneumotáxico e rítmico da respiração são revisadas na **Figura 24.15**.

A respiração normal ocorre automaticamente, sem controle consciente. Três diferentes reflexos estão envolvidos na regulação da respiração: (1) *reflexos mecanoceptores*, que respondem a modificações no volume dos pulmões ou na pressão arterial, (2) *reflexos quimioceptores*, que respondem a mudanças na P_{CO_2}, no pH e na P_{O_2} no sangue e no líquido cerebrospinal; e (3) *reflexos protetores*, que respondem a lesões físicas ou irritação do trato respiratório.

Centros superiores influenciam a respiração por meio de impulsos nervosos para o centro pneumotáxico e por influência direta nos músculos respiratórios. Esses centros superiores estão localizados no cérebro, especialmente no córtex cerebral, e no hipotálamo. Embora os impulsos nervosos conduzidos pela via piramidal exerçam controle consciente sobre os músculos respiratórios, esses músculos mais freqüentemente recebem instruções por vias extrapiramidais. Além disso, os centros respiratórios estão embutidos na formação reticular, e praticamente todos os núcleos sensitivos e motores possuem alguma conexão com esta formação. Como resultado, estímulos emocionais e atividades autônomas geralmente interferem no ritmo e na profundidade da respiração.

Envelhecimento e sistema respiratório

Muitos fatores interagem para reduzir a eficiência do sistema respiratório em indivíduos idosos. Três exemplos são particularmente marcantes:

1. Com a progressão da idade, o tecido elástico presente no corpo se deteriora. O principal impacto no sistema respiratório é a redução da capacidade de expansão e retração do pulmão.
2. Os movimentos da caixa torácica ficam restritos por alterações causadas por processos de artrite nas articulações costais e pela redução da flexibilidade das cartilagens costais. Combinadas com as modificações observadas no item (1), a rigidez e a redução dos movimentos torácicos de fato limitam o volume respiratório. Essa restrição contribui para a redução do desempenho e da capacidade de realizar atividades físicas com o avançar da idade.
3. Algum grau de enfisema é normalmente observado em indivíduos entre 50 e 70 anos. Em média, aproximadamente 30 cm^2 de membrana respiratória são perdidos por ano após os 30 anos de idade. Apesar disso, a extensão desta perda varia muito, dependendo da exposição ao cigarro e a outros fatores irritativos das vias respiratórias ao longo da vida.

Resumo de embriologia

Para uma introdução ao desenvolvimento do sistema respiratório, consulte o Capítulo 28 (Embriologia e Desenvolvimento Humano).

Caso clínico — O SISTEMA RESPIRATÓRIO

COMO ESTES DADOS SE RELACIONAM?

Dora é sócia, chefe de cozinha e garçonete de uma pequena lanchonete de propriedade da família, famosa por servir o melhor hambúrguer de sua cidade.

Ultimamente Dora vem queixando-se de dores crônicas no ombro, no braço e na mão. Dora também vem desenvolvendo uma tosse crônica que a forçou a reduzir a extensão do percurso de sua corrida diária, de 9 a 12 km para 5 a 7 km.

Na quinta-feira, a corrida de Dora foi especialmente difícil – uma manhã quente e de muito vento; sua tosse continua sendo um grande incômodo. Ao completar a corrida, Dora nota que está suando em apenas um dos lados da face. Um pouco depois, ao aplicar sua maquiagem, observa que não consegue abrir completamente o olho direito. Dora conversa com seu marido, João, que sugere que ela marque uma consulta médica.

Na segunda-feira, Dora consulta o médico, que se mostra um pouco preocupado com a tosse de Dora, porém concentra sua atenção nos seus outros sintomas.

Exame inicial

O médico observa o seguinte:

- Dora tem 35 anos de idade e excelente condicionamento físico.
- Pressão sangüínea normal.
- Hemograma normal.
- Ausculta torácica normal.
- Ausência de histórico de tabagismo. Entretanto, o restaurante que possui e onde trabalha dispõe de um espaço para fumantes que está constantemente ocupado em sua capacidade máxima.
- Dora confirma que apresenta dores intensas na região do ombro direito, que se irradiam da escápula em direção à axila e ao longo da superfície medial do braço e da mão.
- Ao exame físico, o médico observa grau leve de atrofia dos músculos nas superfícies anterior e medial do antebraço direito.
- Dora apresenta sensibilidade cutânea diminuída nos dedos anular e mínimo da mão direita.
- O médico observa miose pupilar direita.
- Dora apresenta reflexo cilioespinal negativo.
- A dilatação da pupila direita é mais lenta do que a da esquerda à diminuição da luminosidade ambiente na sala de consulta.
- A pele do lado direito da face apresenta ressecamento mais acentuado em relação ao lado esquerdo.
- A palpação dos linfonodos supraclaviculares bilateralmente revela assimetria e aumento dos linfonodos no lado direito.

Após discussão com o radiologista, o médico solicita radiografias e ressonância magnética do tórax.

Exame de acompanhamento

À observação da imagem de RM (**Figura 24.16**), o radiologista nota o seguinte:

- Dora apresenta um tumor em estágio IV no lobo superior do pulmão direito.

Caso clínico (*continuação*)

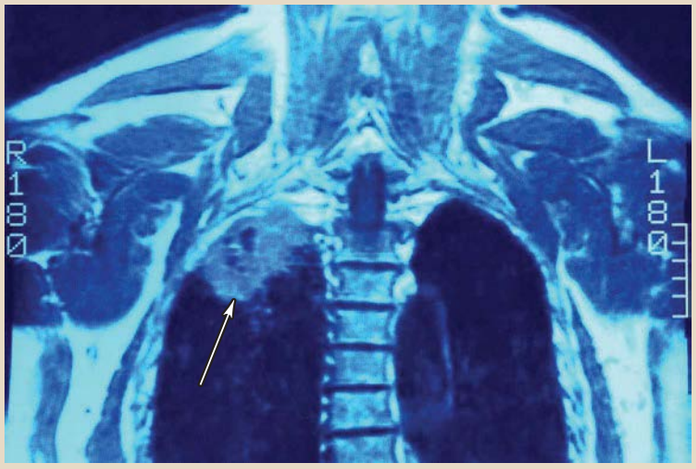


Figura 24.16 **Resultado da RM de Dora.**

- O tumor parece ter invadido a parede posterior do tórax.

Pontos a considerar

Ocasionalmente, todos os sistemas do corpo apresentam sinais ou sintomas que permitem ao médico combinar os vários indícios, o que de maneira ideal o levará ao diagnóstico correto. Tanto os sintomas apresentados pelo paciente quanto a análise e interpretação desses sintomas pelo médico contribuem para o trabalho de investigação da doença.

Para considerar o significado das informações apresentadas no caso acima, revise o material anatômico apresentado neste capítulo e nos capítulos anteriores. As questões a seguir o orientarão nesta revisão. Pense a respeito e responda cada uma delas consultando o Capítulo 24, se necessário.

1. Que nervos suprem os músculos das superfícies anterior e medial do antebraço direito?
2. Qual é a divisão do sistema nervoso que controla a atividade das glândulas sudoríferas (sudoríparas)?
3. A pele do lado direito da face de Dora não produz suor. Que nervos inervam as glândulas sudoríferas da face?
4. A dilatação pupilar do olho direito de Dora apresenta-se alterada. Que músculos são responsáveis pela dilatação pupilar? Que nervos suprem esses músculos?

Análise e interpretação

As informações a seguir respondem às questões levantadas na seção "Pontos a considerar". Para revisar esta matéria, consulte as páginas nos capítulos indicados.

1. O nervo ulnar inerva o músculo flexor ulnar do carpo e a parte ulnar do músculo flexor profundo dos dedos. ∞ págs. 373-376
2. A atividade das glândulas sudoríferas é regulada pela parte simpática da divisão autônoma do sistema nervoso. ∞ págs. 454-455
3. A parte simpática da divisão autônoma do sistema nervoso inerva as glândulas sudoríferas da face. Essas fibras do SNA originam-se no segmento medular T I. ∞ págs. 454-455
4. O músculo dilatador da pupila, na íris, é inervado pela parte simpática da divisão autônoma do sistema nervoso. Essas fibras do SNA originam-se no segmento medular T I. ∞ págs. 464-466

Diagnóstico

Dora recebe o diagnóstico: síndrome de Horner e envolvimento da parte inferior do plexo braquial, secundários ao câncer de pulmão. Apresenta tumor de Pancoast no lobo superior do pulmão direito. (Horner e Pancoast descreveram inicialmente o padrão de sintomas e as lesões anatômicas associadas.) A grande maioria dos casos de tumores de Pancoast são carcinomas pulmonares de células não-pequenas, sendo que mais de 95% deles estão localizados no lobo superior. O tumor de Pancoast freqüentemente desenvolve-se no sentido posterior, comprimindo a parede torácica posterior. Essa compressão é responsável pela alteração da função dos nervos nessa parte do corpo.

A compressão causada pelo tumor freqüentemente acomete o gânglio cervical superior do tronco simpático, o que leva à alteração ou interrupção da função do neurônio pré-ganglionar e/ou pós-ganglionar, resultando na síndrome de Horner. Além disso, a lesão de fibras sensitivas no tronco simpático resulta em sintomas dolorosos nas regiões do ombro, da escápula e da axila.

A função do plexo braquial (8º nervo espinal cervical e 1º nervo espinal torácico) também é freqüentemente comprometida. A pressão exercida pelo tumor sobre a parte inferior do plexo braquial causa compressão dos componentes sensitivos e motores do nervo ulnar, resultando em (1) disfunção muscular e atrofia do músculo flexor ulnar do carpo, (2) disfunção muscular e atrofia da parte ulnar do músculo flexor profundo dos dedos, (3) disfunção muscular e atrofia de diversos músculos intrínsecos da mão, e (4) perda da sensibilidade cutânea dos dedos anular e mínimo da mão e da região correspondente da palma.

Pacientes que apresentam esta forma de câncer de pulmão costumam ser tratados inicialmente visando o restabelecimento da condição muscular, pois esses sintomas em geral causam incômodos maiores do que qualquer um dos sintomas respiratórios precoces. O diagnóstico inicial pode incluir doenças como bursite e osteoartrite vertebral. Os sintomas podem persistir por vários meses antes da detecção do câncer de pulmão. ■

TERMOS DO CASO CLÍNICO

Bursite: Inflamação de uma bolsa sinovial.

Miose pupilar: Pupila arredondada e constrita (diâmetro reduzido).

Osteoartrite vertebral: Artrite das articulações entre duas vértebras.

Reflexo cilioespinal (reflexo cutâneo-pupilar): Dilatação da pupila à estimulação tátil da pele do pescoço.

TERMOS CLÍNICOS

Asma: Condição caracterizada pela extrema sensibilidade, irritabilidade e inflamação das vias condutoras de ar.

Atelectasia: Pulmão total ou parcialmente colabado.

Bronquite: Inflamação do revestimento bronquial.

Câncer de pulmão: Um tipo de doença maligna agressiva que se origina nas vias bronquiais ou nos alvéolos.

Derrame (efusão) pleural: Acúmulo anormal de líquido na cavidade pleural.

Embolia pulmonar: Obstrução de uma artéria pulmonar por um coágulo sangüíneo, massa adiposa ou bolha de ar.

Enfisema: Doença crônica e progressiva caracterizada por dispnéia e resultante da destruição das superfícies respiratórias de difusão gasosa.

Epistaxe: Sangramento nasal causado por trauma, infecção, alergias, hipertensão ou outros fatores.

Fibrose cística (FC): Doença hereditária relativamente comum e fatal, na qual secreções mucosas nos pulmões tornam-se muito espessas, dificultando seu transporte pelas vias respiratórias.

Laringite: Infecção ou inflamação da laringe.

Manobra de Heimlich: Método de aplicação de pressão abdominal para forçar a expulsão de corpos estranhos localizados na traquéia ou na laringe.

Pneumonia: Condição causada por infecção dos lobos dos pulmões e caracterizada por declínio da função respiratória devido ao extravasamento de líquido para os alvéolos e/ou edema e constrição dos bronquíolos respiratórios.

Pneumotórax: Entrada de ar na cavidade pleural.

Ressuscitação cardiopulmonar (RCP): Aplicação de ciclos de compressão à caixa torácica e respiração boca-a-boca para manutenção das funções circulatória e respiratória.

Silicose, asbestose e antracose: Doenças clínicas graves causadas pela inalação de poeira ou outras partículas em quantidade suficiente para sobrecarregar o sistema de defesa respiratória, resultando na formação de tecido cicatricial pulmonar e redução da função respiratória.

Síndrome do desconforto respiratório (SDR): Condição resultante da produção inadequada de surfactante; caracterizada pelo colapso dos alvéolos e pela incapacidade de manter níveis adequados de difusão gasosa nos pulmões.

Toracocentese: Remoção de uma amostra de líquido pleural para avaliação diagnóstica.

Traqueostomia: introdução de um tubo através de uma abertura feita na parede anterior da traquéia, desviando o fluxo aéreo da laringe que está eventualmente lesada ou obstruída por corpo estranho.

Tuberculose (TB): Infecção pulmonar pela bactéria *Mycobacterium tuberculosis*. Os sintomas são variáveis, mas geralmente incluem tosse, dor na região torácica, febre, sudorese noturna, fadiga e perda de peso.

RESUMO PARA ESTUDO

Introdução 630

Uma visão geral do sistema respiratório 630

1. O **sistema respiratório** inclui o nariz, a cavidade nasal e os seios paranasais, a faringe, a laringe, a traquéia e as demais vias condutoras de ar às superfícies pulmonares de difusão gasosa. *(ver Figura 24.1)*
2. A **parte superior do sistema respiratório** consiste no nariz, na cavidade nasal, nos seios paranasais e na faringe. Essas estruturas iniciam o processo de filtração, aquecimento e umedecimento do ar inspirado. A **parte inferior do sistema respiratório** inclui a laringe, a traquéia, os brônquios, os bronquíolos e os alvéolos nos pulmões.
3. O **sistema respiratório** consiste em uma *parte condutora*, que se estende da entrada (narina) da cavidade nasal até os bronquíolos, e uma *parte respiratória*, que inclui os *bronquíolos respiratórios* e os **alvéolos pulmonares**. *(ver Figura 24.1)*

Funções do sistema respiratório 631

4. O sistema respiratório (1) oferece uma área para difusão gasosa entre o ar e o sangue circulante; (2) conduz o ar para e a partir das superfícies de difusão gasosa; (3) protege as superfícies respiratórias; (4) defende os órgãos respiratórios e outros tecidos da invasão por patógenos; (5) permite a comunicação vocal; e (6) auxilia na regulação do volume sangüíneo, da pressão arterial e no controle do pH dos líquidos corporais.

O epitélio respiratório 631

5. O **epitélio respiratório** reveste a parte condutora do sistema respiratório até o nível dos bronquíolos de menor calibre.
6. O epitélio respiratório consiste em um epitélio colunar pseudo-estratificado ciliado, com células mucosas. *(ver Figura 24.2)*
7. O epitélio respiratório produz um muco que aprisiona partículas. Subjacentemente, situa-se a **lâmina própria** (uma camada de tecido conectivo); juntos, o epitélio respiratório e a lâmina própria constituem a **túnica mucosa**. *(ver Figura 24.2)*
8. O **sistema de defesa respiratória** inclui um mecanismo da *túnica mucosa* semelhante ao de uma "escada rolante" (que limpa as vias respiratórias conduzindo o muco com partículas à faringe, que após ser deglutido chega ao estômago), macrófagos alveolares, vibrissas e cílios.

A parte superior do sistema respiratório 632

O nariz e a cavidade nasal 632

1. O ar normalmente entra no sistema respiratório através das **narinas**, que são as aberturas anteriores da **cavidade nasal**. O **vestíbulo do nariz** apresenta pêlos (vibrissas) que filtram as partículas maiores em suspensão no ar. *(ver Figura 24.3)*
2. O ar inspirado flui através dos **meatos nasais superior**, **médio** e **inferior** (espaços estreitos) e colide com as superfícies das conchas nasais. *(ver Figura 24.3b,d)*
3. O **palato duro** separa as cavidades oral e nasal. O **palato mole** separa a *parte nasal da faringe* da cavidade oral. As cavidades nasais direita e esquerda se comunicam com a parte nasal da faringe pelos **cóanos** (aberturas nasais posteriores). *(ver Figura 24.3)*

A faringe 634

4. A **faringe** é a câmara compartilhada pelos sistemas respiratório e digestório. A **parte nasal da faringe** é a sua parte superior. A **parte oral da faringe** é contínua com a cavidade oral; a **parte laríngea da faringe** inclui a região estreita entre o hióide e a entrada do esôfago. *(ver Figuras 24.3c,d e 25.5a)*

A parte inferior do sistema respiratório 634

A laringe 634

1. O ar inspirado passa por uma estreita abertura, denominada **rima da glote**, em seu trajeto até os pulmões; a **laringe** circunda e protege a região da glote. A **epiglote** projeta-se em direção à faringe. *(ver Figuras 24.3c,d/24.4/24.5)*
2. Um par de pregas, as **pregas vestibulares**, está posicionado superiormente à região da glote. Essas pregas são relativamente inelásticas. As **pregas vocais**, mais delicadas, ocupam a região denominada glote. A passagem do ar através da rima da glote causa a vibração das pregas vocais, produzindo som. *(ver Figura 24.5)*
3. Os **músculos intrínsecos da laringe** regulam a tensão nas pregas vocais e abrem e fecham a rima da glote. Os **músculos extrínsecos da laringe** posicionam e estabilizam a laringe. Durante a deglutição, os dois grupos de músculos contribuem para evitar a entrada de partículas na cavidade da laringe. *(ver Figura 24.6)*

A traquéia 637

1. A **traquéia** estende-se da sexta vértebra cervical até a quinta vértebra torácica. Subjacente à **tela submucosa** estão as **cartilagens traqueais**, em forma de C, que enrijecem as paredes traqueais e protegem a via aérea. A parede posterior da traquéia (parede membranácea) pode ser deformada à passagem de grandes massas de alimento, facilitando sua passagem ao longo do esôfago durante a deglutição. *(ver Figuras 24.2a/24.3c/24.7)*

Os brônquios principais 637

1. A traquéia bifurca-se no mediastino para formar os **brônquios principais direito** e **esquerdo**. Os brônquios principais e seus ramos constituem a *árvore bronquial*. Cada brônquio principal penetra no pulmão através do

hilo do pulmão. A **raiz do pulmão** é constituída por uma massa de tecido conectivo que sustenta o brônquio principal, os vasos e os nervos pulmonares. *(ver Figuras 24.7/24.8)*

Os pulmões 638

Os lobos dos pulmões 638

1. Os **lobos dos pulmões** são separados por fissuras. O **pulmão direito** apresenta três lobos: **superior**, **médio** e **inferior**, com uma *fissura oblíqua* separando os lobos superior e inferior e uma *fissura horizontal* separando o lobo superior do lobo médio. O pulmão direito também apresenta três brônquios lobares: **superior**, **médio** e **inferior**. O **pulmão esquerdo** apresenta dois lobos: **superior** e **inferior**, com uma *fissura oblíqua* separando os dois lobos; os dois brônquios lobares são o **brônquio lobar superior** e o **brônquio lobar inferior**. *(ver Figura 24.8)*

As faces do pulmão 638

2. A **face costal** do pulmão acompanha a curvatura interna da caixa torácica. A **face mediastinal** contém o hilo do pulmão, e o pulmão esquerdo apresenta a **impressão cardíaca**. *(ver Figura 24.8)*
3. O tecido conectivo da raiz do pulmão estende-se até o **parênquima** do pulmão, formando uma série de **trabéculas** (partições). Estas divisões fibrosas formam **septos** que dividem o pulmão em **lóbulos**. *(ver Figura 24.9)*

Os brônquios pulmonares 640

4. Os *brônquios extrapulmonares* (**brônquios principais direito** e **esquerdo**) localizam-se fora do tecido pulmonar. Os *brônquios intrapulmonares* (que se ramificam no interior dos pulmões) são envolvidos por faixas de músculo liso. *(ver Figuras 24.7/24.9/24.10/24.11)*
5. Cada pulmão divide-se progressivamente em unidades menores denominadas **segmentos broncopulmonares**. Esses segmentos são nomeados de acordo com o brônquio segmentar a eles associados. O pulmão direito contém 10 segmentos broncopulmonares, enquanto o esquerdo apresenta 8 a 9. *(ver Figuras 24.7/24.9/24.10)*

Os bronquíolos 640

6. Nos segmentos broncopulmonares, cada brônquio segmentar origina cerca de 50 a 80 **bronquíolos terminais** que suprem lóbulos individuais. *(ver Figuras 24.9/24.11)*

Dúctulos alveolares e alvéolos 643

7. Os **bronquíolos respiratórios** abrem-se em **dúctulos alveolares**; muitos alvéolos estão interconectados a cada dúctulo. *(ver Figuras 24.11/24.12)*
8. A **membrana respiratória** (alveolocapilar) consiste em um epitélio escamoso simples, constituído por **pneumócitos tipo I** (*células alveolares tipo I*); os **pneumócitos tipo II** (*células alveolares tipo II*), esparsos no epitélio, produzem uma secreção oleosa (**surfactante**) que evita o colabamento dos alvéolos. **Macrófagos alveolares** *("células de poeira")* patrulham o epitélio e fagocitam partículas estranhas. *(ver Figura 24.12)*

Suprimento sangüíneo aos pulmões 646

9. As superfícies respiratórias de difusão gasosa são extensamente conectadas ao sistema circulatório através de vasos da circulação pulmonar.

A cavidade pleural e a pleura 646

1. Cada pulmão é envolto por uma única **cavidade pleural**, que é limitada pela **pleura** (túnica serosa). Os dois tipos de pleuras são a **pleura parietal**, que reveste a superfície interna da parede torácica, e a **pleura visceral**, que reveste diretamente os pulmões. O **líquido pleural** é secretado por ambas as pleuras. *(ver Figura 24.13)*

Músculos respiratórios e ventilação pulmonar 647

Os músculos respiratórios 647

1. A **ventilação pulmonar** é o movimento físico do ar para dentro e para fora dos pulmões. Os músculos respiratórios mais importantes são o **diafragma** e os **músculos intercostais externos** e **internos**. A contração do diafragma aumenta o volume da cavidade torácica; os músculos intercostais externos auxiliam na inspiração pela elevação das costelas; os músculos intercostais internos abaixam as costelas e reduzem a largura da cavidade torácica, contribuindo, assim, para a expiração. Os **músculos respiratórios acessórios** são acionados quando a profundidade e a freqüência respiratórias precisam ser aumentadas de forma mais acentuada. Os músculos acessórios incluem os músculos esternocleidomastóideo, serrátil anterior, transverso do tórax, peitoral menor, escalenos, oblíquos e reto do abdome. *(ver Figura 24.14)*

Modificações respiratórias ao nascimento 649

2. Antes do nascimento, os pulmões do feto estão colabados e preenchidos por líquido. A primeira respiração infla os pulmões de ar, evitando o seu colabamento completo a partir de então.

Centros respiratórios do encéfalo 649

3. Os **centros respiratórios** são três pares de núcleos na formação reticular da ponte e do bulbo. O **centro rítmico da respiração** (área bulbar do ritmo) ajusta o ritmo da respiração. O **centro apnêustico** produz movimentos inspiratórios intensos e sustentados, enquanto o **centro pneumotáxico** inibe o centro apnêustico e o centro inspiratório no bulbo. *(ver Figura 24.15)*
4. Três diferentes reflexos estão envolvidos na regulação da respiração: (1) *reflexos mecanoceptores*, que respondem a modificações no volume dos pulmões ou na pressão arterial, (2) *reflexos quimioceptores*, que respondem a mudanças na P_{CO_2}, no pH e na P_{O_2} do sangue e do líquido cerebrospinal; e (3) *reflexos protetores*, que respondem a lesões físicas ou irritação do trato respiratório. *(ver Figura 24.15)*
5. Processos conscientes e inconscientes também podem controlar a atividade respiratória, por atuação nos centros respiratórios ou pelo controle dos músculos respiratórios.

Envelhecimento e sistema respiratório 650

1. O sistema respiratório geralmente é menos eficiente em idosos por causa (1) da deterioração dos tecidos elásticos, diminuindo a capacidade vital dos pulmões; (2) da restrição dos movimentos da caixa torácica em função de alterações causadas por artrite e pela diminuição da flexibilidade das cartilagens costais; e (3) de algum grau de enfisema pulmonar próprio da idade.

REVISÃO DO CAPÍTULO

Para respostas às questões da Revisão dos Conceitos e Revisão do Capítulo, veja a seção de Respostas na parte final do livro.

Nível 1 – Revisão de fatos e termos

Associe cada item numerado com a letra do item que melhor se relaciona. Utilize letras para as respostas nos espaços apropriados.

Coluna A	**Coluna B**
___ 1. músculos extrínsecos da laringe	a. parte superior da faringe
___ 2. brônquios terciários	b. margem súpero-anterior arredondada do nariz
___ 3. parte nasal da faringe	c. nariz, cavidade nasal, seios paranasais e faringe

__ 4.	pregas vestibulares	d. tubo condutor de ar
__ 5.	parte inferior do sistema respiratório	e. brônquios lobares
__ 6.	traquéia	f. circunda e protege a região da glote
__ 7.	dorso do nariz	g. laringe, traquéia, brônquios e pulmões
__ 8.	brônquios secundários	h. oferecem proteção para as pregas vocais
__ 9.	parte superior do sistema respiratório	i. posicionam e estabilizam a laringe
__ 10.	laringe	j. brônquios segmentares

11. O ar que entra no organismo é filtrado, aquecido e umedecido:
    (a) pela parte superior do trato respiratório
    (b) pela parte inferior do trato respiratório
    (c) pelos pulmões
    (d) pelos alvéolos

12. O surfactante:
    (a) protege as superfícies dos pulmões
    (b) fagocita pequenas partículas
    (c) substitui o muco nos alvéolos
    (d) ajuda a evitar o colabamento dos alvéolos

13. A parte da faringe que recebe ar e alimento é:
    (a) a parte nasal da faringe (b) a parte oral da faringe
    (c) o vestíbulo (d) a parte laríngea da faringe

14. A região da cavidade nasal limitada pelos tecidos flexíveis da parte externa do nariz é:
    (a) a parte nasal da faringe (b) o vestíbulo do nariz
    (c) a câmara interna (d) a glote

15. Que aspecto da função da laringe seria comprometido em caso de uma eventual lesão das cartilagens aritenóidea e corniculada?
    (a) a entrada de ar estaria impossibilitada
    (b) a movimentação vertical da laringe (para cima e para baixo) durante a deglutição para facilitar a passagem do bolo alimentar estaria impossibilitada
    (c) a produção de sons estaria prejudicada
    (d) o indivíduo provavelmente se sufocaria

16. Qual é a função da úvula palatina?
    (a) não apresenta função conhecida
    (b) impede a passagem de fragmentos alimentares que poderiam atingir a faringe antes de serem devidamente mastigados para a deglutição, mantendo-os na cavidade oral
    (c) forma uma barreira entre a cavidade oral e a parte nasal da faringe prevenindo a entrada prematura de materiais na região da faringe
    (e) é um tecido linfático, da mesma forma que as tonsilas palatinas adjacentes

17. A cartilagem que constitui a base da laringe é a:
    (a) cartilagem tireóidea (b) cartilagem cuneiforme
    (c) cartilagem corniculada (d) cartilagem cricóidea

18. As pregas vocais estão localizadas na:
    (a) parte nasal da faringe (b) parte oral da faringe
    (c) laringe (d) traquéia

19. A traquéia:
    (a) é revestida por epitélio escamoso simples
    (b) é reforçada por cartilagens com o formato da letra C
    (c) não contém glândulas mucosas
    (d) não altera seu diâmetro

20. As placas cartilagíneas nas paredes dos brônquios lobares e segmentares:
    (a) apresentam função totalmente diferente das cartilagens traqueais
    (b) sustentam os brônquios e ajudam a mantê-los abertos
    (c) apresentam particularidades em relação a outros tecidos cartilagíneos, pois são intensamente vascularizadas
    (d) auxiliam diretamente a difusão gasosa, atuando como defletores para direcionar o fluxo aéreo

Nível 2 – Revisão de conceitos

1. O epitélio do vestíbulo do nariz:
    (a) não auxilia no processo de filtração do ar
    (b) contém numerosos cílios curtos
    (c) contém pêlos que evitam apenas a passagem de pequenas partículas para as cavidades nasais
    (d) contém pêlos espessos situados junto às narinas evitando a entrada de insetos e partículas grandes

2. Por que um indivíduo resfriado freqüentemente apresenta grande quantidade de secreção nasal?
    (a) a resposta do epitélio nasal a agentes irritativos, como os causadores do resfriado comum, é a secreção de muco em quantidades acima do normal para aprisionar partículas virais
    (b) durante o período do resfriado, o intenso umedecimento do ar facilita sua inspiração, e a presença do vírus do resfriado estimula a produção do muco para aumentar esse umedecimento
    (c) quando o indivíduo espirra, o excesso de saliva é succionado através dos cóanos, preenchendo a cavidade nasal
    (d) nenhuma razão conhecida

3. Em que a respiração diafragmática (profunda) difere da respiração costal (superficial)?
    (a) na respiração profunda, o volume torácico se modifica com a mudança do formato da caixa torácica
    (b) a respiração profunda desloca o ar para dentro e para fora da árvore bronquial, o que não ocorre na respiração superficial
    (c) o diafragma se contrai na respiração profunda e permanece em relaxamento na respiração superficial
    (d) na respiração profunda, os músculos contraem-se para auxiliar tanto na inspiração quanto na expiração

4. Quantos lobos o pulmão direito apresenta?

5. O que é broncodilatação?

6. Qual é a função dos macrófagos alveolares?

7. Qual é a função dos septos dos pulmões?

8. Quais são as funções dos músculos intrínsecos da laringe?

9. Que pares de cartilagens laríngeas estão envolvidos na abertura e no fechamento da rima da glote?

10. Qual é a parte laríngea da faringe?

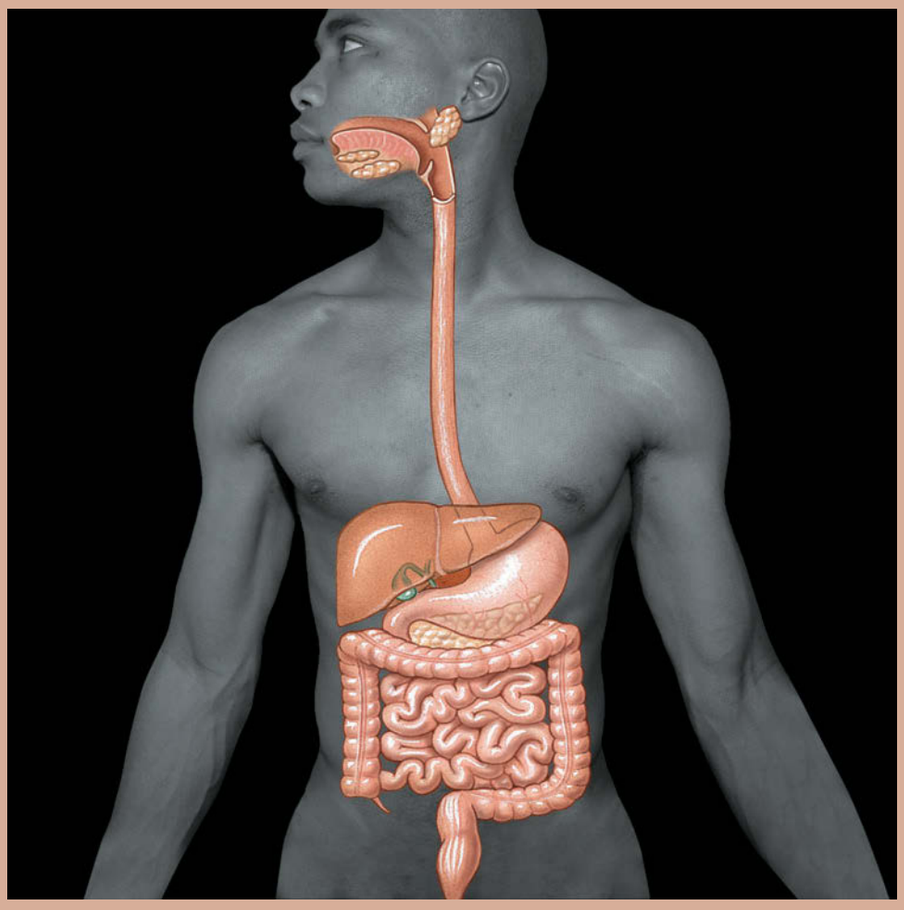
Nível 3 – Pensamento crítico

1. O que é asma e como seus sintomas podem ser explicados em termos anatômicos?

2. O cadáver de um recém-nascido foi encontrado abandonado em uma rodovia. Uma das diversas questões para as quais a polícia gostaria de obter respostas relaciona-se ao momento da morte: se a criança nasceu morta ou se morreu após o nascimento. Após autópsia, o legista afirma que a criança estava morta ao nascimento. Explique como o médico pode determinar este fato.

25

O Sistema Digestório



Introdução 656

Uma visão geral do sistema digestório 656

A cavidade oral 662

A faringe 666

O esôfago 667

O estômago 668

O intestino delgado 673

O intestino grosso 677

Órgãos digestórios glandulares acessórios (anexos) 680

Envelhecimento e sistema digestório 686

OBJETIVOS DO CAPÍTULO:

1. Resumir as funções do sistema digestório.
2. Localizar os componentes do trato digestório e dos órgãos acessórios, bem como descrever as funções de cada um deles.
3. Descrever a organização histológica e as características gerais das quatro camadas do trato digestório.
4. Explicar como os alimentos ingeridos são propelidos por meio da ação do músculo liso ao longo do trato digestório.
5. Descrever o peritônio, bem como a localização e as funções dos mesentérios.
6. Descrever a estrutura anatômica macroscópica e microscópica da língua, dos dentes e das glândulas salivares, bem como suas localizações e funções básicas.
7. Descrever a estrutura geral e as funções da faringe e do processo de deglutição.
8. Descrever a anatomia macroscópica, a histologia e as funções do esôfago.
9. Descrever a anatomia macroscópica e microscópica do estômago, suas funções e os hormônios que regulam suas atividades.
10. Descrever a anatomia macroscópica e microscópica do intestino delgado, suas funções e os hormônios que regulam suas atividades.
11. Descrever a anatomia macroscópica e microscópica do intestino grosso, suas funções e os hormônios que regulam suas atividades.
12. Descrever a anatomia macroscópica e microscópica do fígado, suas funções e os hormônios que regulam suas atividades.
13. Descrever a anatomia macroscópica e microscópica da vesícula biliar, suas funções e os hormônios que regulam suas atividades.
14. Descrever a anatomia macroscópica e microscópica do pâncreas, suas funções e os hormônios que regulam suas atividades.
15. Descrever as modificações que ocorrem no sistema digestório relacionadas ao processo de envelhecimento.

Em geral, pouca atenção é dada ao sistema digestório, a menos que haja alguma alteração no seu funcionamento. Ainda assim, horas diárias de esforço consciente são dedicadas ao processo de preenchê-lo e esvaziá-lo. Referências a esse sistema são parte da nossa linguagem cotidiana. Podemos ter "sentimentos viscerais", "querer mastigar" uma idéia ou considerar uma opinião "difícil de engolir". Quando ocorre de fato alguma alteração no sistema digestório, mesmo sendo algo de menor importância, a maior parte das pessoas imediatamente procura tratamento. Por essa razão, a mídia televisiva promove produtos como cremes dentais, enxaguatórios bucais, suplementos vitamínicos, antiácidos e laxantes.

O sistema digestório consiste em um tubo muscular, denominado **trato digestório**, e vários **órgãos acessórios (anexos)**. A *cavidade oral* (boca), a *faringe*, o *esôfago*, o *estômago*, o *intestino delgado* e o *intestino grosso* constituem o trato digestório. Órgãos digestórios acessórios incluem dentes, língua e vários *órgãos glandulares*, como as glândulas salivares, o fígado e o pâncreas, cujas secreções são liberadas através de ductos no trato digestório. O alimento entra e passa ao longo do trato digestório. Neste trajeto, as secreções dos órgãos glandulares, que contêm água, enzimas, soluções-tampão e outros componentes, auxiliam na preparação de nutrientes orgânicos e inorgânicos para absorção pelo epitélio do trato digestório. O trato digestório e os órgãos acessórios trabalham em conjunto para desempenhar as seguintes funções:

1. *Ingestão:* A ingestão ocorre quando alimentos e líquidos entram no trato digestório pela boca.
2. *Processamento mecânico:* A maioria dos sólidos ingeridos precisa passar por processamento mecânico antes de ser deglutida. A pressão com a língua e a laceração e a trituração realizadas pela ação dos dentes são exemplos de processamentos mecânicos que ocorrem antes da deglutição. Movimentos de mistura e de propulsão realizados pelo trato digestório dão continuidade ao processamento mecânico após a *deglutição.*
3. *Digestão:* A digestão é a quebra química e enzimática de açúcares complexos, lipídeos e proteínas em pequenas moléculas orgânicas que podem ser absorvidas pelo epitélio digestório.
4. *Secreção:* A digestão geralmente envolve a ação de ácidos, enzimas e soluções-tampão produzidos por secreção ativa. Algumas destas secreções são produzidas pelo revestimento do trato digestório, mas a maioria delas é proveniente de órgãos acessórios, como o pâncreas.
5. *Absorção:* A absorção é o movimento de moléculas orgânicas, eletrólitos, vitaminas e água através do epitélio digestório, e em direção ao líquido intersticial do trato digestório.
6. *Excreção:* Produtos residuais são secretados pelo trato digestório, principalmente por glândulas acessórias (em especial, o fígado).
7. *Compactação:* Compactação é a desidratação progressiva de materiais não-digeridos e resíduos orgânicos antes de sua eliminação pelo corpo. O material compactado é denominado **fezes; defecação** é a eliminação das fezes pelo corpo.

O revestimento do trato digestório também desempenha função de defesa, protegendo tecidos circunvizinhos contra (1) os efeitos corrosivos dos ácidos e das enzimas digestivas; (2) agressões mecânicas, como a abrasão; e (3) patógenos ingeridos com os alimentos ou presentes no trato digestório.

Em resumo, os órgãos do sistema digestório atuam nos processamentos mecânico e químico de alimentos que são introduzidos na boca e passam ao longo do trato digestório. A finalidade destas atividades é a de reduzir estruturas químicas complexas e sólidas de alimento em pequenas moléculas que possam ser absorvidas pelo revestimento epitelial do trato digestório e transferidas para o sangue circulante.

Uma visão geral do sistema digestório [Figura 25.1]

Os principais componentes do sistema digestório são mostrados na **Figura 25.1**. Apesar de muitos órgãos do sistema digestório desempenharem funções semelhantes, cada um apresenta certas áreas de especialização e características histológicas distintas. Antes de discutir estas especializações e distinções, consideraremos as características estruturais básicas comuns a todas as porções do trato digestório.

Organização histológica do trato digestório [Figura 25.2]

As principais camadas do trato digestório incluem (1) a *túnica mucosa*, (2) a *tela submucosa*, (3) a *túnica muscular* e (4) a *túnica serosa.* Variações na estrutura dessas quatro camadas ocorrem ao longo do trato digestório. Essas variações estão relacionadas a funções específicas de cada órgão e região. Secções e vistas diagramáticas de regiões representativas do trato digestório podem ser observadas na **Figura 25.2**.

A túnica mucosa [Figura 25.2]

O revestimento interno, ou **túnica mucosa**, do trato digestório é um exemplo de uma **membrana mucosa**. Túnicas mucosas, apresentadas no Capítulo 3, consistem em uma camada de tecido conectivo frouxo, recoberta por um epitélio que é lubrificado por secreções glandulares. ∞ pág. 72 O **epitélio mucoso** pode ser estratificado ou simples, dependendo da localização e do tipo de agressão envolvida. Por exemplo, a cavidade oral e o esôfago são revestidos por epitélio escamoso estratificado que pode resistir à agressão e abrasão, enquanto o estômago, o intestino delgado e quase a totalidade do intestino grosso apresentam epitélio colunar simples especializado na secreção e absorção de substâncias. A túnica mucosa do trato digestório é freqüentemente organizada em pregas transversas ou longitudinais (**Figura 25.2**). As pregas (*plica,* prega) são semelhantes a tecidos plissados. As pregas aumentam muito a área de superfície disponível para absorção. Em algumas regiões do trato digestório, as pregas são características permanentes que envolvem tanto a túnica mucosa quanto a tela submucosa. Em outras regiões, são características temporárias que desaparecem à medida que a cavidade vai sendo preenchida, permitindo sua expansão após uma grande refeição. Ductos que desembocam nas superfícies epiteliais conduzem as secreções produzidas e provenientes das células glandulares localizadas na túnica mucosa e na tela submucosa, ou nos órgãos acessórios.

A camada subjacente de tecido areolar, denominada **lâmina própria**, contém vasos sangüíneos, terminações nervosas sensitivas, vasos linfáticos, fibras musculares lisas e áreas esparsas de tecido linfático. Estas últimas são parte de uma rede de tecido linfático associado à túnica mucosa, (TLAM), apresentado no Capítulo 23. ∞ pág. 616 Na maioria das regiões do trato digestório, a porção mais externa da túnica mucosa, posicionada externamente à lâmina própria, é uma faixa estreita de músculo liso e fibras elásticas. Essa faixa é denominada **lâmina muscular da mucosa**. As fibras musculares lisas dessa lâmina são dispostas em duas camadas concêntricas e delgadas (**Figura 25.2a**). A camada interna circunda a cavidade (luz) (*camada circular*) e a camada externa contém fibras musculares paralelamente orientadas em relação ao eixo longitudinal do trato (*camada longitudinal*). A contração dessas camadas altera o formato da cavidade e movimenta as pregas e vilosidades epiteliais.

A tela submucosa [Figura 25.2a]

A **tela submucosa** é uma camada de tecido conectivo denso irregular que envolve a lâmina muscular da mucosa. Grandes vasos sangüíneos e linfáticos são encontrados nessa camada e, em algumas regiões, a tela submu-

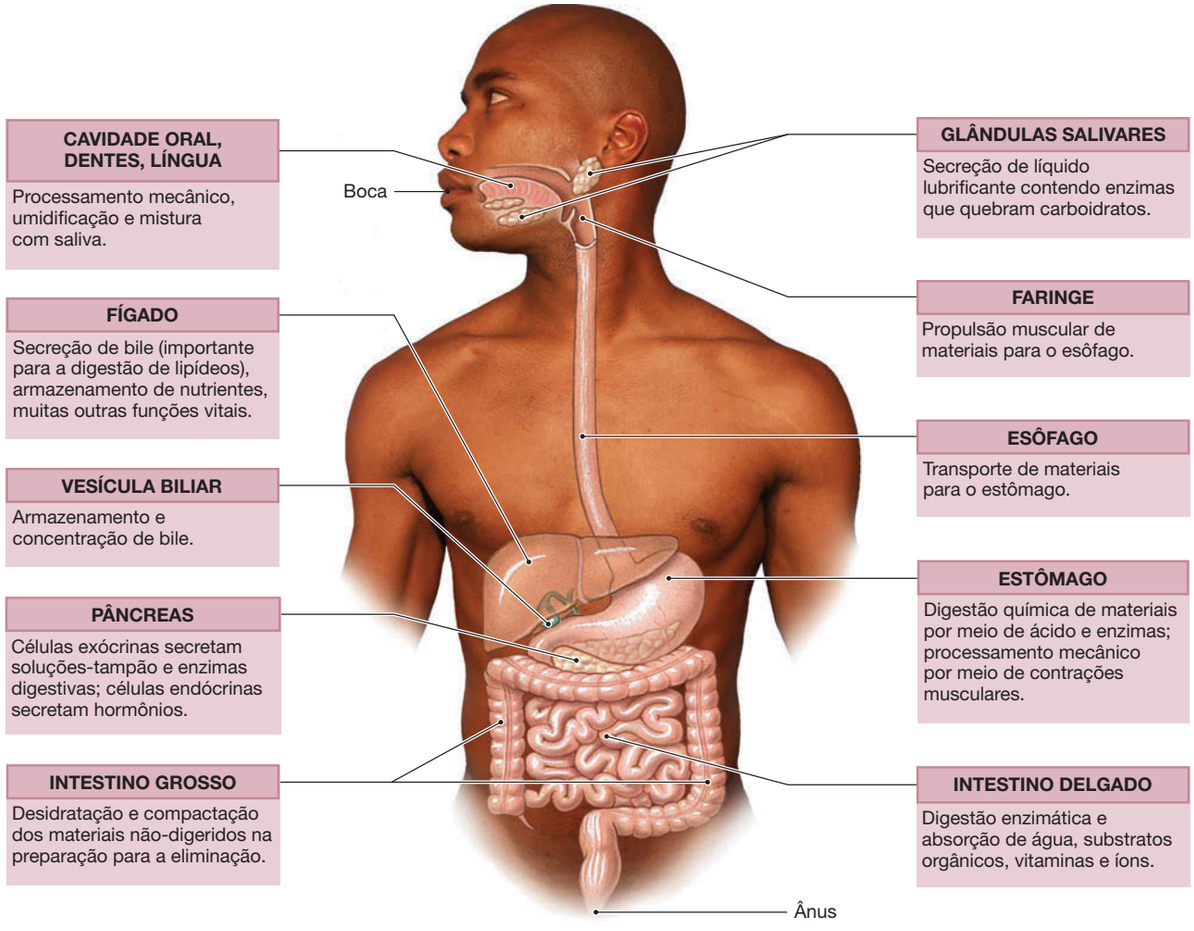


Figura 25.1 Componentes do trato digestório.
Esta figura apresenta as principais regiões e os órgãos acessórios do trato digestório, bem como suas funções primordiais.

cosa também contém glândulas exócrinas que secretam soluções-tampão e enzimas para a cavidade (luz). Ao longo da sua margem externa, a tela submucosa contém uma rede de fibras nervosas e esparsos corpos celulares de neurônios. O **plexo submucoso** (*plexo de Meissner*) inerva a túnica mucosa; contém neurônios sensitivos, gânglios parassimpáticos e fibras pós-ganglionares simpáticas (Figura 25.2a).

A túnica muscular [Figura 25.2]

A **túnica muscular** que envolve a tela submucosa é uma camada dominada por fibras musculares lisas. Essas fibras são dispostas em uma camada helicoidal de passo curto (circular; interna) e uma camada helicoidal de passo longo (longitudinal; externa)* (Figura 25.2). Essas camadas de tecido muscular liso desempenham uma importante função no processamento mecânico e na propulsão de materiais ao longo do trato digestório. Estes movimentos são coordenados primariamente por neurônios do **plexo mioentérico** (*mis*, músculo + *enteron*, intestino), ou *plexo de Auerbach*. Esta rede de gânglios parassimpáticos e de fibras pós-ganglionares simpáticas situa-se entre as camadas musculares circular e longitudinal, referidas anteriormente. A estimulação parassimpática aumenta o tono muscular e estimula contrações, enquanto a estimulação simpática inibe a atividade muscular e promove seu relaxamento.

Além disso, em regiões específicas ao longo do trato digestório, a túnica muscular forma esfincteres, ou "*valvas*", que evitam o movimento de materiais ao longo do trato em tempo impróprio ou em direção errada. Essas "valvas", que são áreas espessadas da camada circular de músculo liso, constringem a cavidade e restringem o fluxo de material.

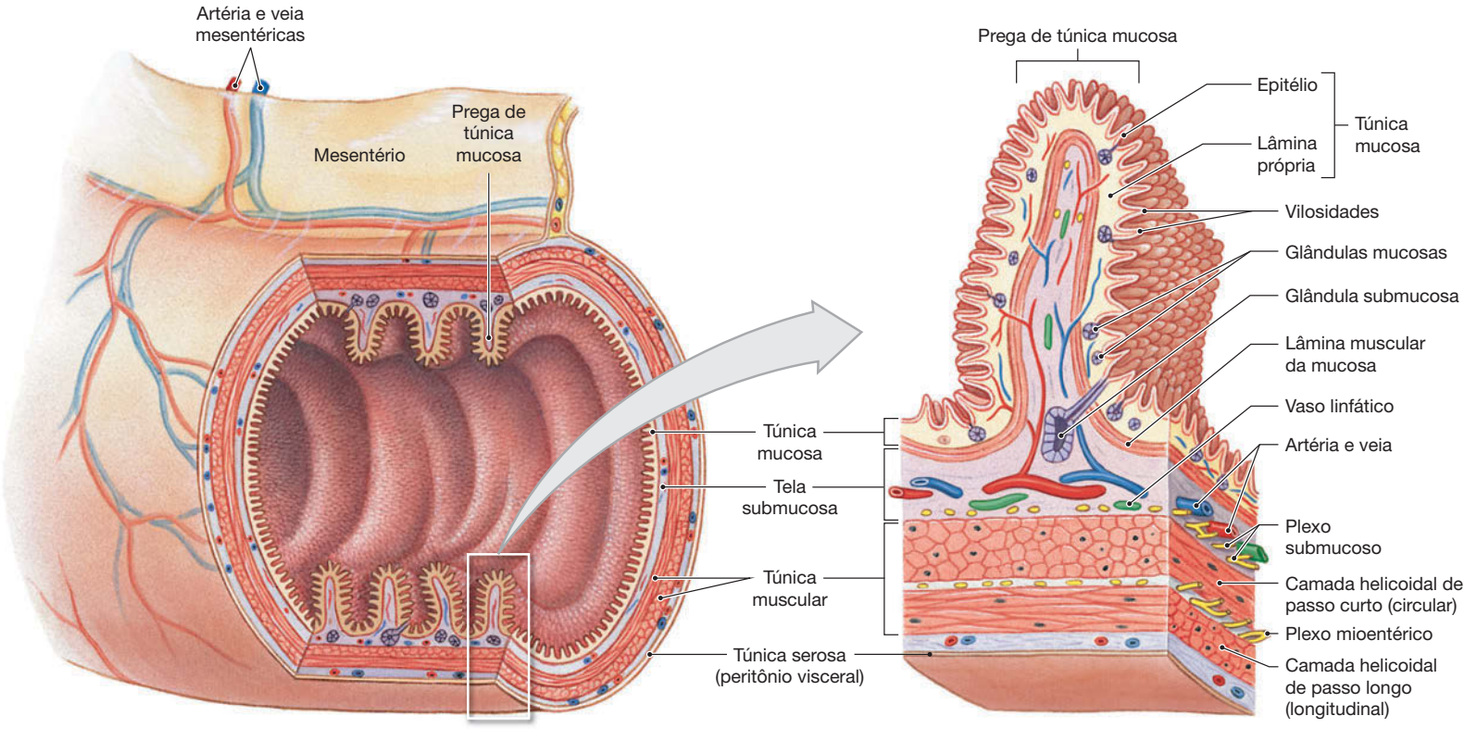
* N. de R.T. Para simplificar a redação, utilizaremos no texto os termos camadas musculares circular e longitudinal, que são considerados no original em latim da Terminologia Anatômica.

A túnica serosa [Figura 25.2]

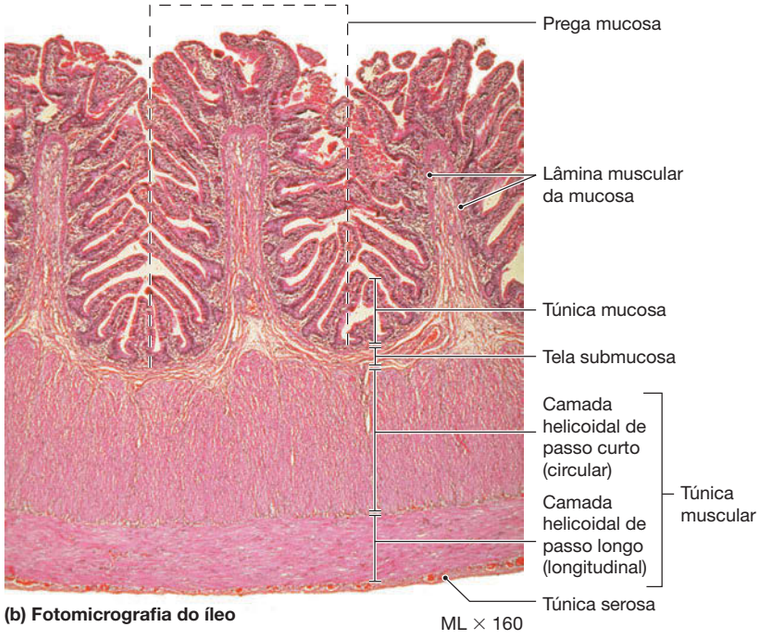
Ao longo da maioria das regiões do trato digestório na cavidade abdominopélvica, a túnica muscular é recoberta por uma *túnica serosa* (Figura 25.2). Entretanto, não há túnica serosa revestindo a túnica muscular da boca, da faringe, da maior parte do esôfago e do reto. Em vez disso, a túnica muscular é revestida por uma densa rede de fibras colágenas que adere firmemente o trato digestório a estruturas adjacentes. Esta bainha fibrosa é denominada **túnica adventícia**.

Camadas musculares e o movimento de material no trato digestório

O trato digestório contém **tecido muscular liso visceral**. Uma única célula muscular lisa apresenta diâmetro variável entre 5 e 10 µm e comprimento variável entre 30 e 200 µm. As camadas musculares são circundadas por tecido conectivo, mas as fibras colágenas não formam tendões ou aponeuroses. As proteínas contráteis dessas células musculares lisas não se organizam em sarcômeros e, portanto, as células constituem músculo não-estriado e involuntário. pág. 75 Apesar de não serem estriadas, suas contrações são tão fortes quanto as das células dos músculos estriados esquelético e cardíaco. No tecido muscular liso visceral, muitas células musculares não apresentam inervação motora. As células musculares apresentam disposição em camadas, e as células musculares adjacentes são eletricamente conecta-



(a) Organização histológica do trato digestório



(b) Fotomicrografia do íleo

Figura 25.2 Estrutura histológica do trato digestório.
(a) Vista tridimensional da organização histológica do tubo digestório em geral. **(b)** Fotomicrografia do íleo, mostrando aspectos da organização histológica do intestino delgado.

das por junções comunicantes. Quando uma célula muscular lisa visceral se contrai, a contração é propagada em ondas através do tecido. O estímulo inicial pode ser a ativação de um neurônio motor que faz sinapse com uma das células musculares lisas na região. Pode também ser uma resposta localizada a agentes químicos, hormônios, concentrações de dióxido de carbono ou oxigênio, ou fatores físicos como distensão extrema ou irritação.

Uma vez que os filamentos contráteis das células musculares lisas não são rigidamente organizados, uma célula muscular lisa distendida rapidamente adapta-se ao seu novo comprimento, mantendo a capacidade de contração à demanda. Essa capacidade de tolerar distensão extrema é denominada *plasticidade*. A plasticidade é especialmente importante para órgãos digestórios que passam por grandes modificações de volume, como o estômago.

A musculatura lisa no trato digestório apresenta ciclos rítmicos de atividade por causa da presença de **células auto-ajustáveis**. Essas células são encontradas tanto na lâmina muscular da mucosa quanto na túnica muscular. Essas células musculares lisas passam por despolarização espontânea, que desencadeia contrações que caracterizam dois tipos de movimentos: a *peristalse* e a *segmentação*. Essas contrações em onda propagam-se através de toda a túnica muscular, facilitam a propulsão e a mistura dos conteúdos ao longo do trato digestório.

Peristalse [Figura 25.3a]

A túnica muscular propele materiais de uma região do trato digestório a outra por meio de contrações peristálticas. A **peristalse** consiste em ondas de contração muscular que movimentam o *bolo alimentar* (pequena massa oval de alimento) ao longo da extensão do trato digestório. Durante a **onda peristáltica**, a camada muscular circular se contrai na região imediatamente anterior ao conteúdo do trato. A camada muscular longitudinal se contrai em seguida, encurtando segmentos adjacentes. Uma onda de contração da camada circular então força os materiais na direção desejada (Figura 25.3a).

Segmentação [Figura 25.3b]

A maioria das regiões do intestino delgado e algumas regiões do intestino grosso sofrem contrações que produzem **segmentação** (Figura 25.3b). Estes movimentos revolvem e fragmentam os materiais digestivos, misturando os conteúdos com as secreções intestinais. Elas não produzem movimento de rede em nenhuma direção específica.

A segmentação e a peristalse podem ser desencadeadas por células auto-ajustáveis, hormônios, agentes químicos e estimulação física. Ondas peristálticas também podem ser iniciadas por fibras sensitivas (aferentes) e motoras (eferentes) nos nervos glossofaríngeo, vago ou pélvicos. Movimentos peristálticos localizados limitados a alguns poucos centímetros do trato digestório são desencadeados por receptores (terminações nervosas sensitivas) nas paredes do trato digestório. Essas fibras sensitivas fazem sinapses no plexo mioentérico para produzir **reflexos mioentéricos** localizados. Estes são reflexos curtos que não envolvem o SNC. pág. 465 O termo *sistema nervoso entérico* refere-se à rede nervosa que coordena esses reflexos.

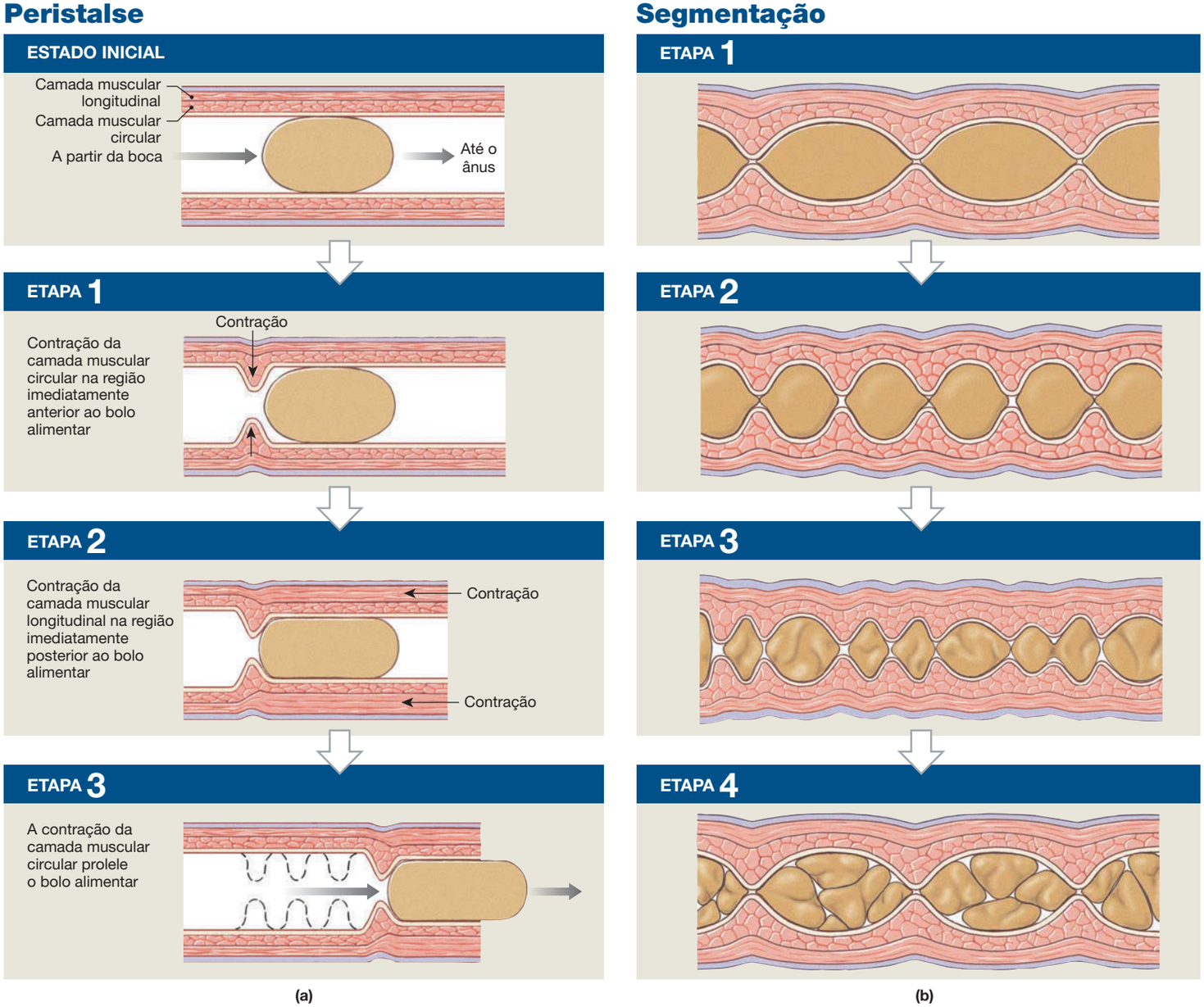


Figura 25.3 Peristalse e segmentação.
(a) A peristalse propele materiais ao longo da extensão do trato digestório por meio de contrações coordenadas das camadas musculares circular e longitudinal. **(b)** Os movimentos de segmentação envolvem principalmente a camada muscular circular. Estas atividades misturam e homogeneizam o conteúdo do trato digestório, mas não produzem movimento de rede em uma direção específica.

Em geral, reflexos curtos controlam atividades em uma região do trato digestório. Este controle pode envolver a coordenação de peristalse localizada e o início da atividade secretora de glândulas do sistema digestório. Muitos neurônios estão envolvidos – o sistema nervoso entérico apresenta aproximadamente a mesma quantidade de neurônios e neurotransmissores que a medula espinal.

A informação sensitiva de receptores no trato digestório é também distribuída para o SNC, onde pode desencadear reflexos mais prolongados. pág. 465 Reflexos longos, que envolvem neurônios de associação (interneurônios) e neurônios motores no SNC, oferecem um maior nível de controle sobre as atividades glandulares e do trato digestório. Esses reflexos geralmente controlam ondas peristálticas de ampla escala que movimentam materiais de uma região do trato digestório para outra. Reflexos longos podem envolver fibras motoras dos nervos glossofaríngeo, vago ou pélvicos que fazem sinapse no plexo mioentérico.

O peritônio

A túnica serosa, ou **peritônio visceral**, é contínua com o **peritônio parietal** que reveste as superfícies internas das paredes da cavidade abdominopélvica. págs. 19-20 Os órgãos da cavidade abdominal são freqüentemente descritos como situados *no interior* das cavidades abdominal e peritoneal. Na realidade, órgãos abdominais podem apresentar uma ou mais das seguintes relações com o peritônio*:

- *Órgãos intraperitoneais* localizam-se dentro da cavidade peritoneal, na qual são recobertos em todos os lados por peritônio visceral. Exemplos de órgãos intraperitoneais incluem o estômago, o fígado e o íleo.
- *Órgãos retroperitoneais* são recobertos por peritônio visceral apenas na sua superfície anterior, e o órgão em si localiza-se fora da cavidade peritoneal. Esses órgãos tipicamente não se desenvolvem a partir do intestino primitivo no embrião. Exemplos incluem os rins, os ureteres e a parte abdominal da aorta.
- *Órgãos secundariamente retroperitoneais* são órgãos do trato digestório que se formam como órgãos intraperitoneais, mas subseqüentemente tornam-se órgãos retroperitoneais. A mudança ocorre durante o desenvolvimento embrionário conforme uma porção do peritônio visceral associado funde-se com o peritônio parietal oposto. Exemplos de órgãos secundariamente retroperitoneais incluem o pâncreas e grande parte do duodeno.

O revestimento peritoneal produz continuamente líquido peritoneal aquoso que lubrifica as superfícies peritoneais. Cerca de 7 litros de líquido são secretados e reabsorvidos diariamente, apesar de o volume interno da cavidade peritoneal ser pequeno e permanecer inalterado em um determinado momento de avaliação em condições normais. Sob condições anormais, como em casos de doenças hepáticas, insuficiência cardíaca ou desajustes do equilíbrio hidreletrolítico, o volume de líquido peritoneal pode aumentar de modo significativo. Isso resulta em uma redução perigosa do volume de sangue e na distorção de vísceras.

Nota clínica

Peritonite A inflamação do peritônio produz sintomas de **peritonite**, condição dolorosa que interfere no funcionamento normal dos órgãos acometidos. Dano físico, irritação por agentes químicos ou invasão bacteriana do peritônio podem resultar em casos graves e mesmo fatais de peritonite. A peritonite por infecção bacteriana é uma potencial complicação decorrente de qualquer procedimento cirúrgico que exija a abertura da cavidade peritoneal, ou de qualquer doença que cause perfuração nas paredes do estômago ou dos intestinos. Doenças hepáticas, renais ou insuficiência cardíaca podem levar ao aumento da velocidade de secreção e do movimento de líquido através do peritônio. O acúmulo de líquido, denominado **ascite**, cria um aumento de volume abdominal característico. A distorção de órgãos internos por conteúdo líquido pode resutar em uma variedade de sintomas; pirose (azia, queimação), má digestão e dor abdominal com irradiação para a região dorsal são queixas comuns.

Mesentérios [Figuras 25.2a/25.4/25.10a/25.11b]

A maioria das partes do trato digestório se mantém suspensa por lâminas de túnica serosa que preservam a continuidade entre o peritônio parietal e o visceral. Essas projeções denominadas **mesentérios** são lâminas duplas fundidas de peritônio que se evidenciam no interior da cavidade peritoneal (Figura 25.2a). O tecido conectivo areolar entre as superfícies mesoteliais desses mesos oferece acesso ao trajeto de nervos, vasos sangüíneos e linfáticos até as superfícies externas do trato digestório e a partir delas. Os mesentérios também estabilizam as posições relativas dos órgãos anexos e evitam o enovelamento dos intestinos durante os movimentos peristálticos ou as modificações posturais súbitas do corpo.

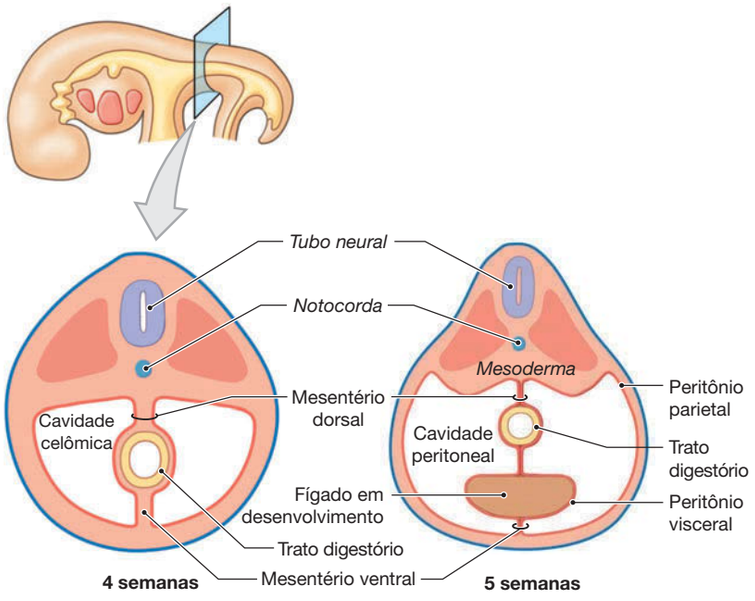
Durante o desenvolvimento, o trato digestório e os órgãos acessórios encontram-se suspensos e salientes na cavidade peritoneal pelos mesentérios dorsal e ventral (Figura 25.4a,b). O mesentério ventral primitivo desaparece posteriormente ao longo da maior parte do trato digestório, persistindo apenas na curvatura menor do estômago, entre ele e o fígado (o **omento menor**) (*omentum*, "pele" gordurosa), e entre o fígado, a parede abdominal anterior e o diafragma (os *ligamentos falciforme e coronário*) (Figura 25.4b,c,d). (Embora estas lâminas peritoneais sejam chamadas de "ligamentos", elas não são comparáveis aos ligamentos que interconectam ossos.) Para maiores informações referentes ao desenvolvimento do trato digestório, dos órgãos acessórios e mesentérios associados, consulte o Resumo de Embriologia no Capítulo 28.

À medida que o trato digestório se alonga, ele se dobra e se curva dentro da cavidade abdominal, se projetando em direção à cavidade peritoneal, em um espaço relativamente pequeno e repleto de órgãos. O mesentério dorsal primitivo do estômago torna-se bastante aumentado e forma uma "cortina" que se estende inferiormente entre as paredes do corpo e a superfície anterior do intestino delgado. Essa ampla projeção peritoneal é o **omento maior** (ver Figura 25.4b e, mais adiante, Figuras 25.10a e 25.11b). O tecido conectivo frouxo do omento maior geralmente contém uma camada espessa de tecido adiposo. Os lipídeos do tecido adiposo são uma importante reserva energética. Além disso, o tecido adiposo do omento maior oferece isolamento térmico para reduzir a perda de calor através da parede abdominal anterior. O omento maior também contém numerosos linfonodos que auxiliam na proteção do corpo contra proteínas estranhas, toxinas ou patógenos que passaram pelas defesas do trato digestório.

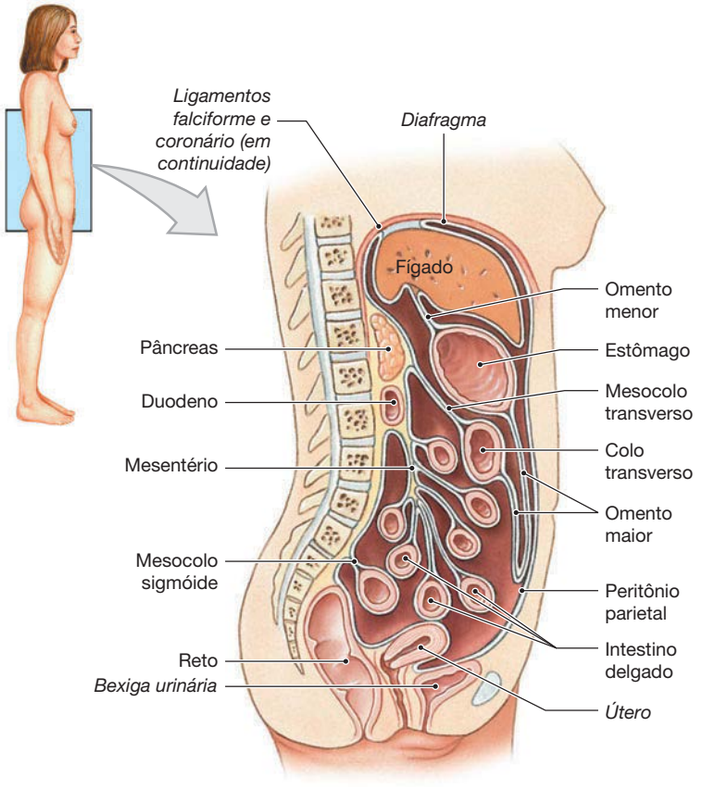
* N. de R.T. Uma classificação anatômica mais adequada das vísceras abdominopélvicas em relação ao peritônio, e utilizada pelos anatomistas, julgo ser a seguinte:

- órgãos peritonizados são os que apresentam sua superfície externa totalmente revestida por peritônio, porém não estão contidos na cavidade peritoneal e sim na cavidade abdominopélvica (correspondem aos intraperitoneais do autor);
- órgão intraperitoneal é, este sim, o que está contido na cavidade peritoneal, sem revestimento da túnica serosa. O único exemplo representativo no corpo humano são os ovários;
- órgãos retroperitoneais (de acordo com o livro);
- órgãos extraperitoneais são os que não apresentam relação de revestimento com o peritônio, podendo ser totalmente (como o canal anal, a próstata) ou parcialmente (como o reto, a bexiga urinária) extraperitoneais;
- órgãos secundariamente retroperitoneais (de acordo com o livro, ressalvando que originalmente são peritonizados ao invés de intraperitoneais, como afirma o autor).

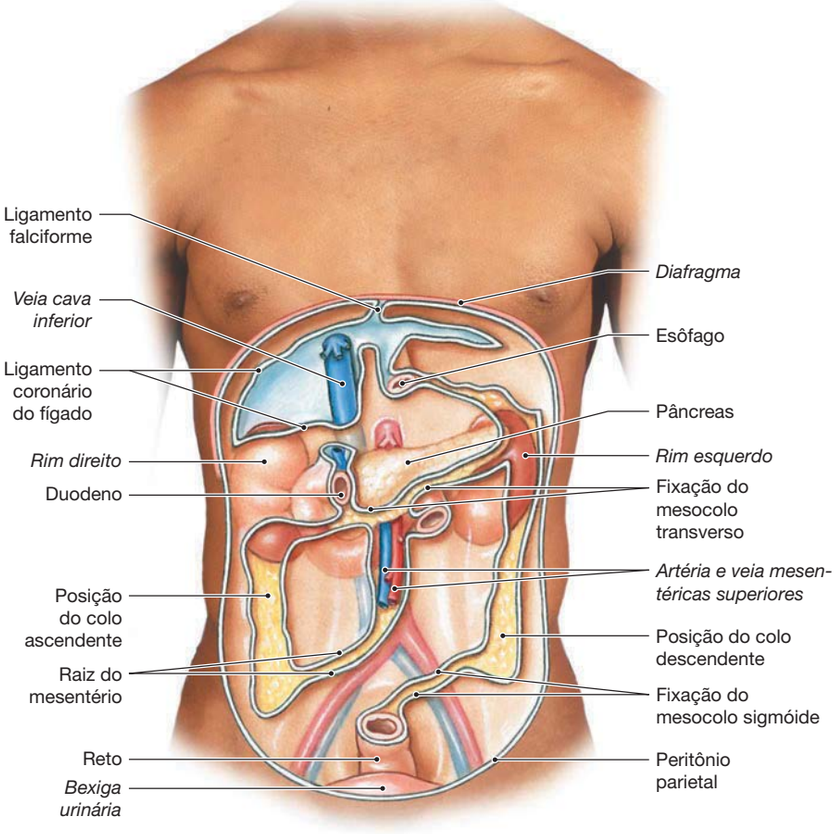
Vale destacar, conforme nota em capítulo anterior, que a cavidade peritoneal é o espaço amplo limitado entre as lâminas parietal e visceral do peritônio que, por sua vez, são contínuas.



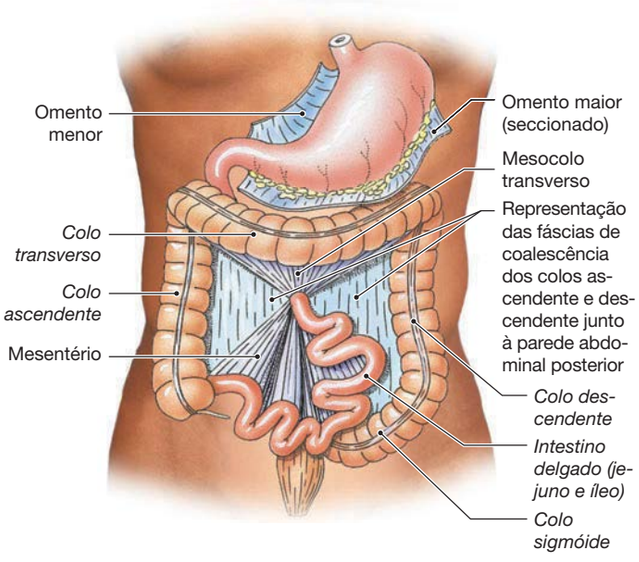
(a) Desenvolvimento embrionário do tubo digestório



(b) Secção sagital, mostrando os mesentérios do adulto



(c) Fixações das projeções de peritônio (margens seccionadas), vista anterior



(d) Organização das projeções de peritônio, vista anterior

Figura 25.4 Projeções de peritônio.
(a) Vista diagramática de estágio precoce de desenvolvimento embrionário, com os mesentérios primitivos dorsal e ventral sustentando o trato digestório (esquerda). Um estágio imediatamente posterior, mostrando o desenvolvimento do fígado entre as lâminas do mesentério ventral (direita). (*Para mais informações, consulte o Resumo de Embriologia do Capítulo 28.*) **(b)** Projeções de peritônio na cavidade abdominopélvica, vistas em uma representação de uma secção sagital. **(c)** Vista anterior de cavidade peritoneal vazia, mostrando as fixações das projeções de peritônio e das vísceras à parede posterior da cavidade abdominal. **(d)** A organização das projeções de peritônio no adulto. Esta é uma vista estilizada; o comprimento do intestino delgado foi muito reduzido.

Com exceção dos seus primeiros 25 cm, todo o resto do intestino delgado encontra-se suspenso por uma dupla *lâmina espessa de mesentério*, denominada **mesentério "próprio"**, que confere estabilidade mas permite um certo grau de movimentação independente. O **mesocolo** é um mesentério anexo ao intestino grosso. A porção média do intestino grosso (o *colo transverso*) é suspensa pelo **mesocolo transverso**. O *colo sigmóide*, que conduz ao reto e ao canal anal, é suspenso pelo **mesocolo sigmóide**. Durante o desenvolvimento, o mesentério dorsal primitivo do colo ascendente, do colo descendente e do reto funde-se à parede posterior do corpo. Este mesentério fundido origina a *fáscia de coalescência**, que fixa estas estruturas em posição. Estes órgãos são agora secundariamente retroperitoneais, e o peritônio visceral recobre apenas suas superfícies anteriores e porções de suas superfícies laterais (Figura 25.4b-d).

REVISÃO DOS CONCEITOS

1. Quais são os componentes e as funções da túnica mucosa do trato digestório?
2. Quais são as funções das projeções de peritônio?
3. Qual é a diferença funcional entre peristalse e segmentação?
4. Qual é a importância da organização diferente que caracteriza os filamentos contráteis das células musculares lisas?

Veja a seção de Respostas na parte final do livro.

A cavidade oral

O estudo do trato digestório seguirá o percurso do alimento, da boca ao ânus. A boca contém a *cavidade oral*. As funções da cavidade oral incluem (1) *análise* do material antes da deglutição; (2) *processamento mecânico* por meio da ação dos dentes, da língua e da superfície do palato; (3) *lubrificação* pela mistura com secreções salivares e mucosas; (4) *digestão* limitada de carboidratos por uma enzima salivar.

Anatomia da cavidade oral [Figura 25.5]

A **cavidade oral**, ou *"cavidade bucal"* (Figura 25.5), é revestida pela **túnica mucosa oral**, a qual apresenta um epitélio escamoso estratificado que protege a boca da abrasão durante a ingestão de alimentos. Diferentemente do epitélio escamoso estratificado da pele, o epitélio oral não passa por queratinização. A túnica mucosa das **bochechas**, ou paredes laterais da cavidade oral, é sustentada pelo *corpo adiposo da bochecha* e pelo *músculo bucinador*, acompanhando internamente sua forma. pág. 264 Anteriormente, a túnica mucosa das bochechas é contínua com a dos **lábios**. O **vestíbulo da boca** é o espaço entre as bochechas, os lábios e os dentes. Uma crista de túnica mucosa oral, as **gengivas**, circunda a base de cada dente sobre os arcos alveolares da maxila e da mandíbula. págs. 148-152

O teto da cavidade oral é formado pelo **palato duro** e pelo **palato mole**, enquanto a língua domina o seu soalho. O palato duro separa a cavidade oral da cavidade nasal. O palato mole separa a cavidade oral da parte nasal da faringe, fechando esta passagem durante a deglutição. A **úvula palatina**, digitiforme, que pende do centro da margem posterior do palato mole, auxilia a impedir a entrada prematura de alimento na faringe. Inferiormente à língua, o soalho recebe sustentação adicional do *músculo milo-hióideo*. pág. 271 O palato duro é formado pelos processos palatinos da maxila e pelo osso palatino. O palato mole localiza-se posteriormente ao palato duro. A margem posterior do palato mole sustenta a úvula palatina e dois pares de arcos musculares, os *arcos faríngeos*.

1. Os *arcos palatoglossos* estendem-se entre o palato mole e a "base" da língua. Cada arco é composto de uma túnica mucosa, do *músculo palatoglosso* subjacente e tecidos associados. pág. 269

* N. de R.T. A fáscia de coalescência é resultado da fusão entre as lâminas parietal e visceral do peritônio durante o desenvolvimento e rotação do intestino primitivo, que determina o desaparecimento da camada mesotelial da túnica serosa e a permanência do tecido conectivo subjacente.

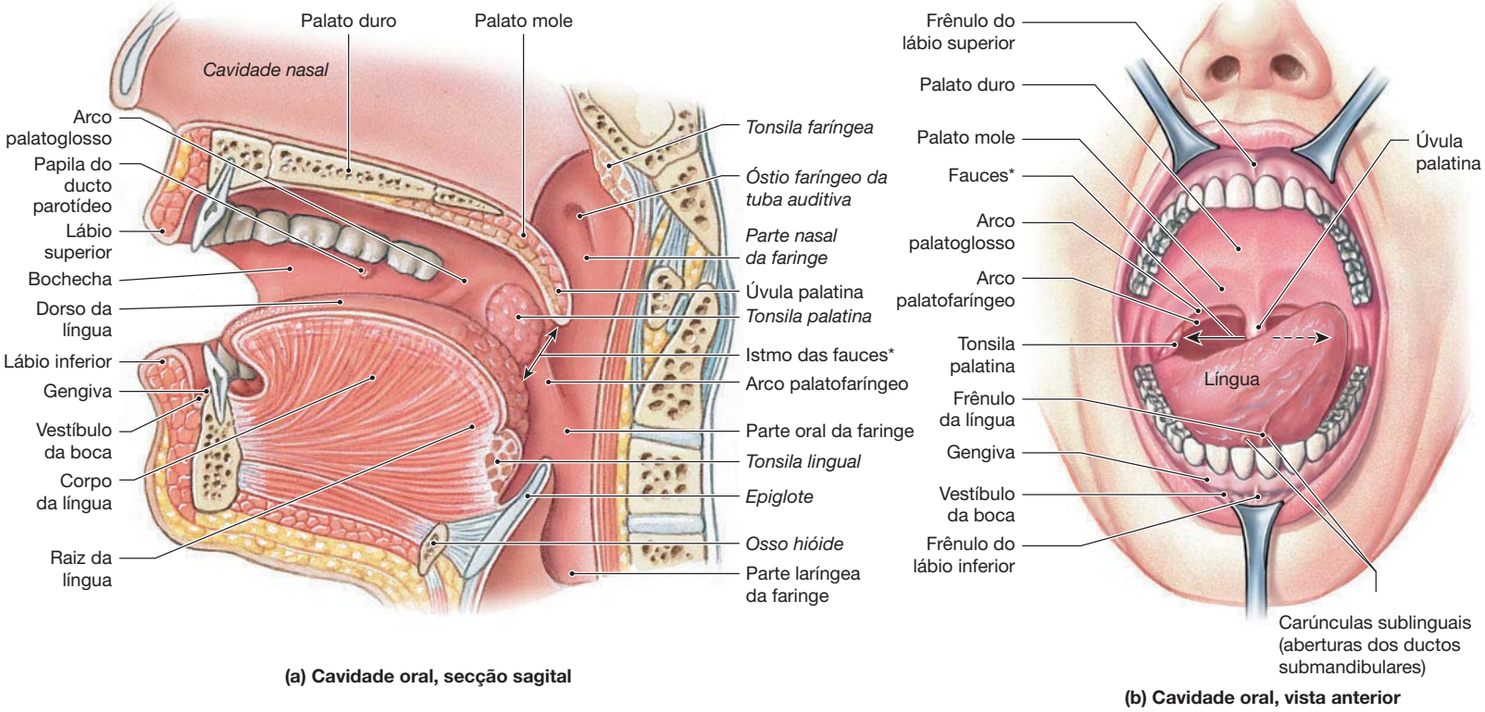


Figura 25.5 Cavidade oral.
(a) Cavidade oral vista em secção sagital. **(b)** Vista anterior da cavidade oral (boca aberta).

* N. de R.T. Fauces ("goela") é o termo que se refere à região entre a cavidade oral e a faringe; istmo das fauces é a comunicação entre ambos os órgãos.

2. Os *arcos palatofaríngeos* estendem-se do palato mole até a parede lateral da faringe. Cada arco é composto de uma túnica mucosa, do *músculo palatofaríngeo* subjacente e tecidos associados. pág. 270

As tonsilas palatinas situam-se entre os arcos palatoglosso e palatofaríngeo. A margem posterior do palato mole, incluindo a úvula palatina, os arcos palatofaríngeos e a "base" da língua delimitam as **fauces**, a entrada para a parte oral da faringe.

A língua [Figuras 18.7/25.5/25.6a]

A **língua** (Figura 25.5) manipula materiais dentro da boca e pode ocasionalmente ser utilizada para trazer alimentos para a cavidade oral (como ao comer um sorvete ou um pudim). As funções principais da língua são (1) processamento mecânico por compressão, abrasão e distorção; (2) movimentação para auxiliar a mastigação e a preparação do alimento para a deglutição; (3) análise sensitiva por receptores de tato, temperatura e gustação; e (4) secreção de mucina e de uma enzima que auxilia a digestão de gorduras.

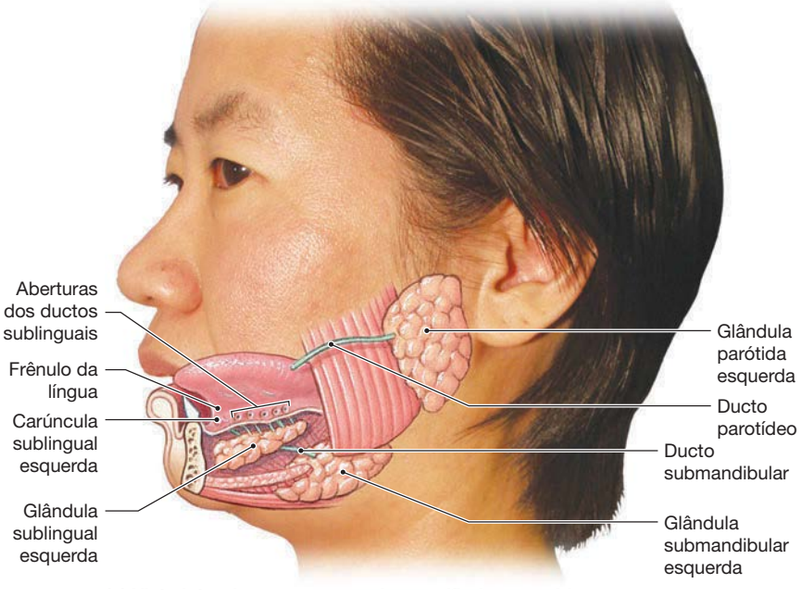
A língua pode ser dividida em um **corpo,** anterior, ou *porção oral*, e uma **raiz**, posterior, ou *porção faríngea*. A superfície superior, ou **dorso**, do corpo apresenta numerosas projeções afiladas denominadas *papilas linguais*. O epitélio espessado que recobre cada papila produz atrito adicional que auxilia a movimentação do alimento pela língua. Além disso, receptores gustatórios são encontrados ao longo das margens de muitas papilas linguais. Características da superfície e detalhes histológicos da língua são apresentados na Figura 18.7. pág. 478 Uma linha em V de papilas circunvaladas indica aproximadamente os limites entre o corpo e a raiz da língua, a qual está voltada para a faringe.

O epitélio da língua é banhado por secreções de pequenas glândulas que se estendem para dentro da lâmina própria da língua. Essas secreções contêm mucinas aquosas e a enzima *lipase lingual*. A lipase lingual inicia a quebra enzimática de lipídeos, especificamente triglicerídeos. O epitélio que recobre a superfície inferior da língua é mais delgado e delicado do que o do dorso. Ao longo da linha mediana inferior, uma prega delgada de túnica mucosa, o **frênulo da língua** (*frenulum*, pequena rédea), une o corpo da língua à túnica mucosa do soalho da boca. Ductos de uma das glândulas salivares maiores são visíveis conforme se abrem em ambos os lados do frênulo da língua (Figuras 25.5b e 25.6a).

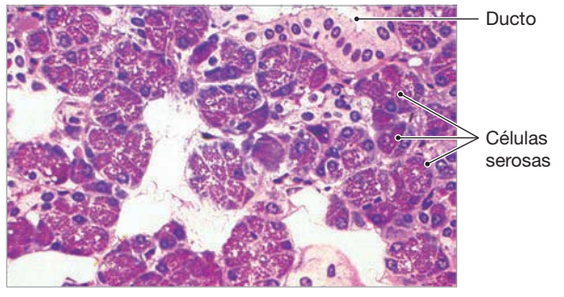
O frênulo da língua evita movimentos extremos da língua. Entretanto, um indivíduo com um frênulo da língua *demasiadamente* restritivo pode apresentar dificuldades para se alimentar e falar. Quando adequadamente diagnosticada, esta condição, denominada **anciloglossia**, pode ser corrigida cirurgicamente.

A língua contém dois grupos diferentes de músculos: os **músculos intrínsecos da língua** e os **músculos extrínsecos da língua**. Tanto os músculos extrínsecos quanto os intrínsecos são supridos pelo nervo hipoglosso (N XII). Os músculos extrínsecos, discutidos no Capítulo 10, incluem os músculos *hioglosso, estiloglosso, genioglosso* e *palatoglosso**. pág. 269

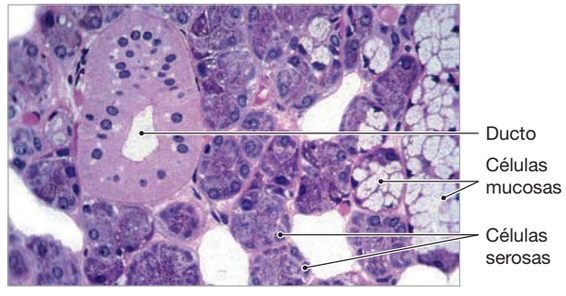
* N. de R.T. O músculo palatoglosso é uma exceção, pois recebe sua inervação pelo nervo vago (X).



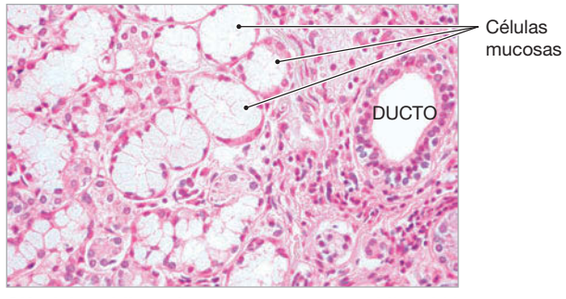
(a) Vista lateral, corpo e ramo da mandíbula removidos



Glândula parótida ML × 316



Glândula submandibular ML × 303



Glândula sublingual ML × 316

(b) Histologia de glândula salivar

Figura 25.6 As glândulas salivares maiores.
(a) Vista lateral, mostrando as posições relativas das glândulas salivares maiores e dos ductos no lado esquerdo da cabeça. Grande parte da metade esquerda do corpo e do ramo da mandíbula foi removida. Para as posições dos ductos dentro da cavidade oral, *veja a Figura 25.5*. **(b)** Detalhes histológicos das glândulas salivares parótida, submandibular e sublingual. A parótida produz saliva rica em enzimas. Esta glândula é dominada por células secretoras serosas. A glândula submandibular produz saliva contendo enzimas e mucinas e contém células secretoras serosas e mucosas. A glândula sublingual produz saliva rica em mucinas. Esta glândula é dominada por células secretoras mucosas.

Toda a movimentação mais ampla da língua é realizada pelos músculos extrínsecos. Os músculos intrínsecos, mais delicados, modificam o formato da língua e atuam em conjunto com os músculos extrínsecos na execução de movimentos precisos, como na articulação dos sons durante a fala.

Glândulas salivares [Figuras 25.5/25.6]

Três pares de glândulas salivares maiores secretam para o interior da cavidade oral (Figura 25.6). Cada glândula salivar é recoberta por uma cápsula fibrosa. A saliva produzida pelas células secretoras das glândulas é transportada através de uma rede de finos ductos para um único grande ducto de drenagem. Este ducto principal transpassa a cápsula e se abre na superfície da túnica mucosa oral. Essas glândulas salivares são descritas da seguinte forma:

1. As **glândulas parótidas** são as maiores glândulas salivares, com um peso médio de aproximadamente 20 g. Apresentam formato irregular e se estendem entre a superfície inferior do arco zigomático e a margem anterior do músculo esternocleidomastóideo, e a partir do processo mastóide do osso temporal, cruzando anteriormente a superfície do músculo masseter. As secreções de cada glândula são drenadas por um **ducto parotídeo**, ou *ducto de Stensen* (ou Stenon), que esvazia seu conteúdo no vestíbulo da boca, no nível do segundo dente molar superior (Figura 25.5a).
2. As **glândulas sublinguais** são recobertas pela túnica mucosa do soalho da boca. Numerosos **ductos sublinguais** (maior e menores), ou *ductos de Rivinus*, abrem-se ao longo de cada lado do frênulo da língua (Figura 25.6a).
3. As **glândulas submandibulares** são encontradas próximo ao soalho da boca ao longo da superfície interna do corpo da mandíbula, inferiormente à *linha milo-hióidea.* pág. 151 Os **ductos submandibulares**, ou *ductos de Wharton*, abrem-se na boca de cada lado do frênulo da língua, imediatamente posterior aos dentes (Figura 25.5b). A aparência histológica da glândula submandibular pode ser vista na Figura 25.6b.

Cada uma das glândulas salivares maiores apresenta uma organização celular distinta e produz saliva com propriedades ligeiramente diferentes. Por exemplo, as glândulas parótidas produzem uma secreção serosa espessa contendo a enzima digestiva **amilase salivar**, que inicia o processo químico de quebra de carboidratos complexos. A saliva na boca é uma mistura de secreções glandulares; cerca de 70% da saliva origina-se nas glândulas salivares submandibulares, 25% nas parótidas e 5% nas glândulas salivares sublinguais. Em conjunto, as glândulas salivares produzem de 1 a 1,5 litros de saliva diariamente, com uma composição de 99,4% de água, além de uma variedade de íons, soluções-tampão, metabólitos e enzimas. Glicoproteínas, denominadas *mucinas*, são principalmente responsáveis pelos efeitos de lubrificação da saliva. págs. 58-59

Nota clínica

Caxumba O vírus da **caxumba** atinge preferencialmente glândulas salivares, mais freqüentemente as parótidas, mas outros órgãos também podem ser infectados. As infecções costumam ocorrer em crianças entre 5 e 9 anos de idade. A primeira exposição ao vírus estimula a produção de anticorpos e geralmente confere imunidade permanente; a imunidade ativa pode ser obtida por imunização. Em pós-adolescentes do sexo masculino, o vírus da caxumba também pode infectar os testículos e causar esterilidade. A infecção do pâncreas pelo vírus da caxumba pode produzir diabetes temporário ou permanente; outros sistemas de órgãos, inclusive o SNC, podem ser afetados em casos graves. A vacinação contra a caxumba é efetiva; as amplas campanhas de vacinação praticamente erradicaram esta doença nos Estados Unidos.

Durante as refeições, a produção de grandes quantidades de saliva lubrifica a boca, hidrata o alimento e dissolve substâncias químicas que estimulam os receptores gustatórios. Um nível básico e contínuo de secreção banha as superfícies orais e auxilia no controle da população local de bactérias. Uma redução ou eliminação das secreções salivares desencadeia uma explosão de crescimento populacional bacteriano na cavidade oral. Esta proliferação leva rapidamente a episódios repetidos de infecção e erosão progressiva de dentes e gengivas.

Regulação das glândulas salivares

As secreções salivares são controladas pela divisão autônoma do sistema nervoso (sistema nervoso autônomo). Cada glândula salivar recebe inervação simpática e parassimpática. Qualquer objeto colocado dentro da boca pode desencadear um reflexo salivar por estimulação de receptores monitorados pelo nervo trigêmeo ou por estimulação das papilas gustatórias inervadas pelos nervos cranianos VII, IX ou X. págs. 422, 479 A estimulação parassimpática acelera a secreção de todas as glândulas salivares, resultando na produção de grandes quantidades de saliva de consistência aquosa. De modo inverso, a ativação simpática resulta na secreção de um pequeno volume de saliva viscosa contendo elevadas concentrações enzimáticas. O volume reduzido de saliva produz a sensação de secura na boca.

Os dentes [Figura 25.7a]

Os movimentos da língua são importantes na condução do alimento para a região da superfície dos dentes. Os dentes efetuam a **mastigação** do alimento. A mastigação quebra tecidos conectivos resistentes e fibras vegetais, contribuindo para saturar o alimento com secreções salivares e enzimas.

A Figura 25.7a apresenta uma vista em secção de um dente adulto. A massa de cada dente consiste em uma matriz mineralizada similar ao osso. Este material, denominado **dentina**, difere do osso porque não contém células vivas. Em vez disso, processos citoplasmáticos estendem-se para o interior da dentina a partir de células na **cavidade pulpar** central. A cavidade pulpar é esponjosa e altamente vascularizada. Ela recebe vasos sangüíneos e nervos que passam através de um túnel estreito denominado **canal da raiz do dente**, localizado na base, ou **raiz do dente**. Os **ramos dentais sangüíneos** e **nervosos** penetram o canal da raiz através do **forame do ápice do dente** para suprir a cavidade pulpar.

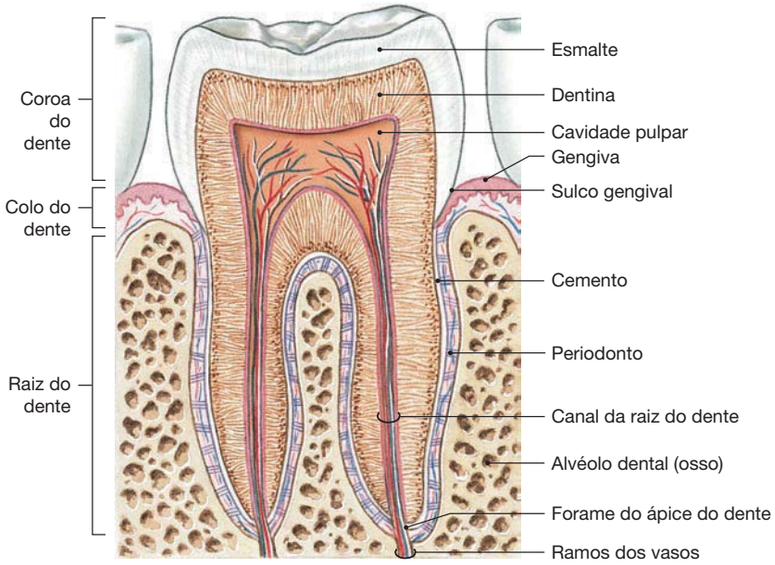
A raiz do dente é ancorada em um soquete ósseo, ou *alvéolo dental.* Fibras colágenas do **periodonto** (ligamento periodontal) estendem-se da dentina da raiz ao osso alveolar, criando uma resistente articulação conhecida como *gonfose.* pág. 206 Uma camada de **cemento** recobre a dentina da raiz, oferecendo proteção e ancorando firmemente o periodonto. Em sua estrutura histológica, o cemento é muito semelhante ao osso, sendo menos resistente à erosão em comparação com a dentina.

O **colo do dente** marca o limite entre a raiz e a **coroa do dente**. A coroa é a porção visível do dente que se projeta acima do tecido mole da gengiva. Células epiteliais do **sulco gengival** aderem-se firmemente ao dente acima do nível do colo, impedindo o acesso bacteriano à lâmina própria da gengiva, ou ao relativamente macio cemento da raiz. Se esta fixação se rompe, pode ocorrer infecção da gengiva, ou *gengivite.*

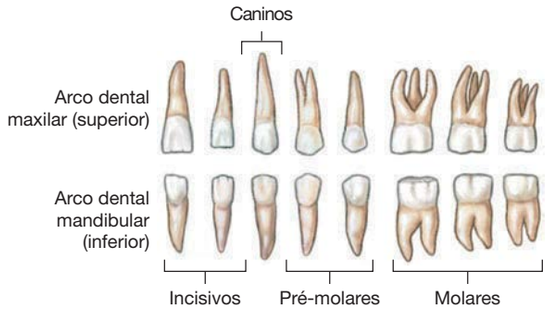
A dentina da coroa é recoberta por uma camada de **esmalte**. O esmalte contém cristais de fosfato de cálcio densamente agrupados, sendo a mais dura substância de fabricação biológica no corpo. Quantidades adequadas de fosfato de cálcio e vitamina D durante a infância são essenciais para completar o revestimento de esmalte e aumentar a resistência do dente.

Tipos de dentes [Figura 25.7b,c] Existem quatro tipos de dentes, cada um com funções específicas (Figura 25.7b,c):

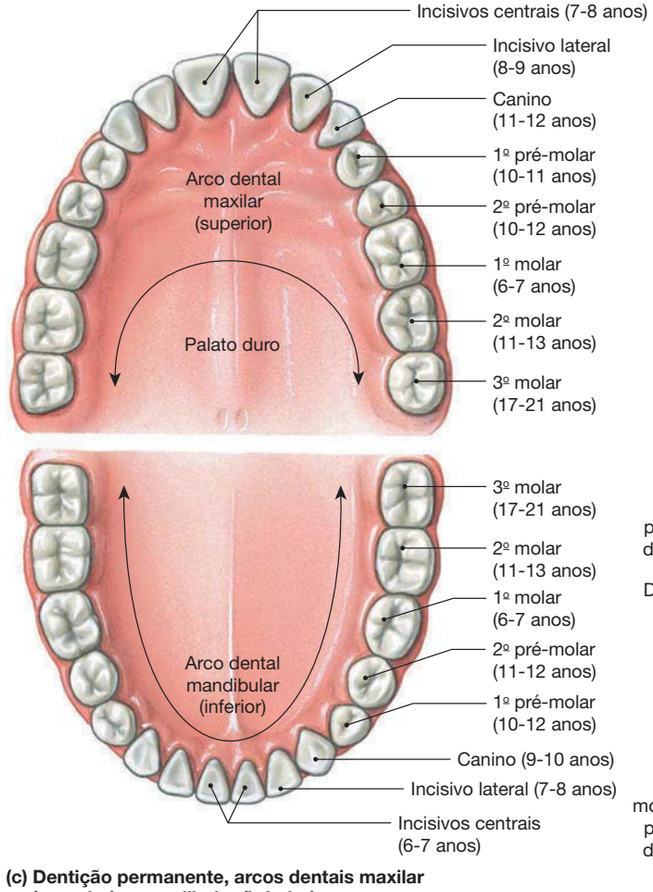
1. Os **incisivos** são dentes em forma de lâmina encontrados na região anterior da boca. Os incisivos são úteis para agarrar e cortar, como ocorre ao se morder a ponta de uma cenoura.



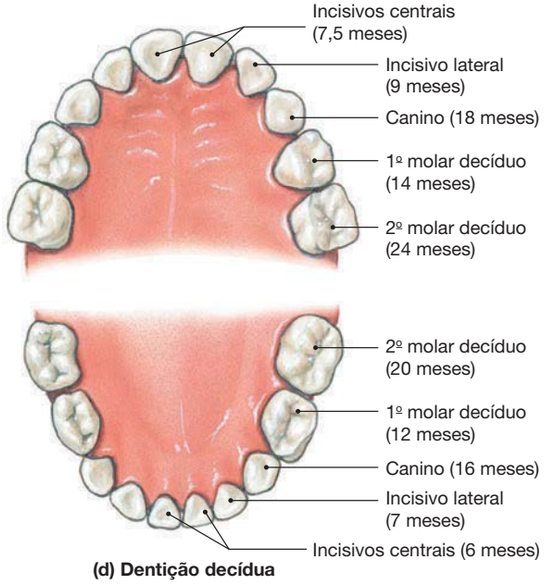
(a) Dente, vista em secção



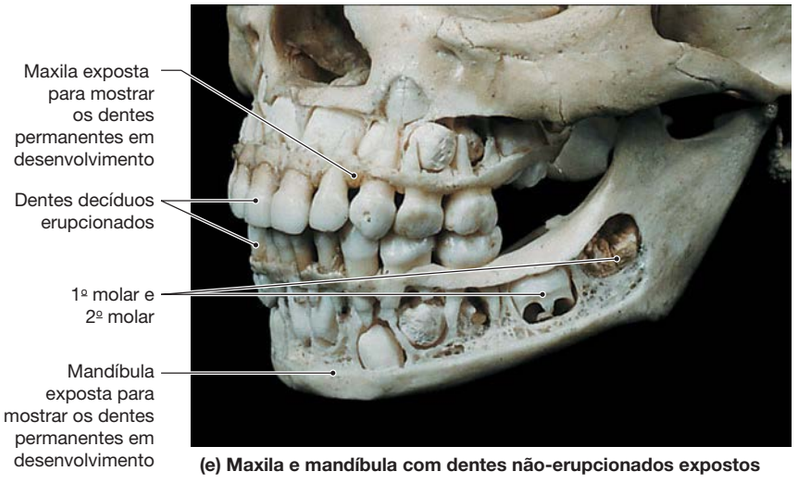
(b) Dentes permanentes dos arcos dentais maxilar (superior) e mandibular (inferior)



(c) Dentição permanente, arcos dentais maxilar (superior) e mandibular (inferior)



(d) Dentição decídua



(e) Maxila e mandíbula com dentes não-erupcionados expostos

Figura 25.7 Dentes.
Os dentes realizam a mastigação do alimento. **(a)** Secção diagramática de um dente adulto. **(b)** Os dentes do adulto. **(c)** A orientação normal dos dentes no adulto. A variação etária normal para a erupção de cada dente é apresentada entre parênteses. **(d)** Os dentes decíduos com a idade de erupção dada em meses. **(e)** O crânio de uma criança de 4 anos de idade, com as maxilas e mandíbula seccionadas para expor os dentes permanentes ainda não irrompidos.

2. Os **caninos** são dentes cônicos com superfícies laterais aguçadas e uma ponta aguda. São utilizados para rasgar e lacerar. Um pedaço resistente de um vegetal fibroso pode ser enfraquecido pela ação de apreensão dos incisivos, porém o alimento pode ser movido lateral-

mente de modo a aproveitar a ação lacerante e cortante dos caninos. Tanto os caninos quanto os incisivos apresentam raiz única.

3. Os **pré-molares** possuem uma ou duas raízes. Apresentam coroas planas com cristas proeminentes. São utilizados para amassar e triturar.
4. Os **molares** apresentam coroas grandes e planas com cristas proeminentes e tipicamente apresentam três ou mais raízes. Os molares também apresentam coroas planas para amassar e triturar os alimentos.

A sucessão dental [Figura 25.7c,d,e] Durante o desenvolvimento, dois conjuntos de dentes começam a se formar. O primeiro a aparecer é o conjunto de **dentes decíduos** (*deciduus*, que caem precocemente), também denominados *dentes primários, dentes "de leite"* ou *dentes infantis*. Estes são os dentes temporários da **primeira dentição** (Figura 25.7d,e). Geralmente existem 20 dentes decíduos, cinco em cada um dos quadrantes da maxila e da mandíbula. Os arcos dentais dos adultos são maiores e podem acomodar mais de 20 dentes permanentes, e três molares adicionais irrompem em cada um dos quadrantes da maxila e da mandíbula, conforme o indivíduo se desenvolve e atinge a idade adulta. Esses dentes estendem a linha dental na direção posterior, aumentando o número de dentes para 32.

Em cada um dos quadrantes da maxila e da mandíbula, a dentição primária consiste em dois incisivos, um canino e um par de molares decíduos. Estes dentes são gradativamente substituídos pela dentição permanente.

A Figura 25.7c,d indica a seqüência da erupção da dentição decídua (primária) e as idades aproximadas da sua substituição pela dentição permanente. Neste processo, o periodonto e as raízes dos dentes decíduos sofrem um processo de erosão e reabsorção até que o dente caia ou seja empurrado pela **erupção** do dente permanente (secundário). Os dentes pré-molares adultos substituem os molares decíduos, e os molares permanentes estendem a linha dental com o crescimento dos arcos dentais. Os terceiros molares, ou *dentes serotinos (do siso)*, podem não irromper antes dos 21 anos de idade e podem inclusive não irromper. Os dentes "do siso" freqüentemente se desenvolvem em posições inadequadas, que podem impossibilitar a erupção apropriada.

Uma estrutura dental de referência [Figura 25.7b,c] As linhas dentais superior e inferior formam **arcos dentais** curvos. Posições relativas ao longo dos *arcos dentais* são indicadas pelo uso de termos especiais (Figura 25.7b,c). Os termos **labial** e **bucal** referem-se à face vestibular (externa) do arco dental, adjacente aos lábios e às bochechas, respectivamente. Os termos **palatal** (dentes superiores) e **lingual** (dentes inferiores) referem-se à face interna do arco dental. Os termos **mesial** e **distal** referem-se às faces opostas entre os dentes adjacentes em um mesmo arco dental. A face mesial é a face do dente que está voltada para a direção oposta ao último molar; a face distal está voltada para a direção oposta ao primeiro dente incisivo (incisivo medial ou central). Por exemplo, a face mesial de cada canino está voltada para a face distal do segundo dente incisivo (incisivo lateral) no mesmo quadrante. As **faces oclusais** (*occlusio*, fechado) dos dentes estão voltadas para seus pares no *arco dental* oposto. As faces oclusais atuam nas funções dentais de apreensão, laceração, trituração e esmagamento do alimento.

Mastigação Os músculos da mastigação ocluem, lateralizam e rodam a mandíbula. pág. 268 Durante a mastigação, o alimento é forçado para frente e para trás entre o vestíbulo da boca e o restante da cavidade oral, passando várias vezes sobre as faces oclusais dos dentes. Este movimento resulta em parte da ação dos músculos da mastigação, mas o controle seria impossível sem a contribuição dos músculos das bochechas, dos lábios e da língua. Uma vez que o alimento tenha sido triturado, esmagado e reduzido a uma consistência satisfatória, e tenha sido hidratado com secreções salivares, a língua inicia a compactação dos fragmentos em uma pequena massa oval, ou **bolo alimentar**, que pode ser deglutida.

REVISÃO DOS CONCEITOS

1. Que tipo de epitélio reveste a cavidade oral?
2. Quais são as funções da saliva?
3. Qual é o nutriente cuja digestão química é iniciada na boca?
4. Imagine-se comendo uma maçã e resuma as ações dos dentes envolvidos.

Veja a seção de Respostas na parte final do livro.

A faringe

A faringe serve como via de passagem comum para alimentos sólidos e líquidos, e ar. O revestimento epitelial e as subdivisões da faringe (partes nasal, oral e laríngea da faringe) foram descritos e ilustrados no Capítulo 24. pág. 634 Profundamente à lâmina própria da túnica mucosa, encontra-se uma densa camada de fibras elásticas ligada aos músculos esqueléticos subjacentes. Os músculos específicos da faringe envolvidos na deglutição, e resumidos a seguir, foram descritos detalhadamente no Capítulo 10. pág. 269

- Os *músculos constritores da faringe* (superior, médio e inferior) empurram o bolo alimentar em direção ao esôfago.
- Os *músculos palatofaríngeo* e *estilofaríngeo* elevam a faringe e a laringe.
- Os *músculos do palato mole* elevam o palato mole e porções adjacentes da parede da faringe.

Os músculos da faringe trabalham sinergicamente com os músculos da cavidade oral e do esôfago para garantir o processo da **deglutição**.

Nota clínica

Acalasia, esofagite e DRGE No processo patológico denominado **acalasia**, o bolo alimentar deglutido desce ao longo do esôfago de forma relativamente lenta, como resultado de ondas peristálticas anormalmente fracas, não havendo o desencadeamento da abertura do "esfíncter esofágico inferior" à sua passagem. O material então se acumula na parte inferior do esôfago. Ondas peristálticas secundárias podem ocorrer repetidamente, causando desconforto ao indivíduo. O tratamento de maior sucesso envolve o enfraquecimento do músculo do "esfíncter esofágico inferior" por meio da secção da camada muscular circular na região inferior do esôfago, ou por meio da laceração dessa mesma camada muscular pela expansão de um balão posicionado nessa região.

Um refluxo limitado e breve do conteúdo gástrico para a região inferior do esôfago freqüentemente ocorre após as refeições, e a incidência aumenta com a obesidade, a gravidez e o hábito de se deitar após grandes refeições. O "esfincter" enfraquecido ou permanentemente relaxado pode causar refluxo prolongado freqüente, levando à **esofagite**, ou inflamação do esôfago, pelo contato com o forte ácido da secreção gástrica. O epitélio do esôfago apresenta poucas defesas contra a agressão dos ácidos e das enzimas; disso resulta inflamação, erosão epitelial e desconforto intenso. Episódios freqüentes de refluxo resultam na **doença do refluxo gastresofágico (DRGE),** que causa o sintoma comumente conhecido como pirose (azia; queimação). O simples ato de se elevar a cabeceira da cama, bem como o uso de medicação, reduz os sintomas da DRGE em muitos pacientes. Alguns indivíduos com DRGE podem apresentar tosse, alterações na faringe e laringe, além de problemas pulmonares supostamente causados pelo refluxo do conteúdo gástrico ao longo do esôfago e aspiração para a traquéia. Contudo, a tosse pode favorecer o refluxo gastresofágico, de modo que essa relação causa-efeito ainda é incerta.

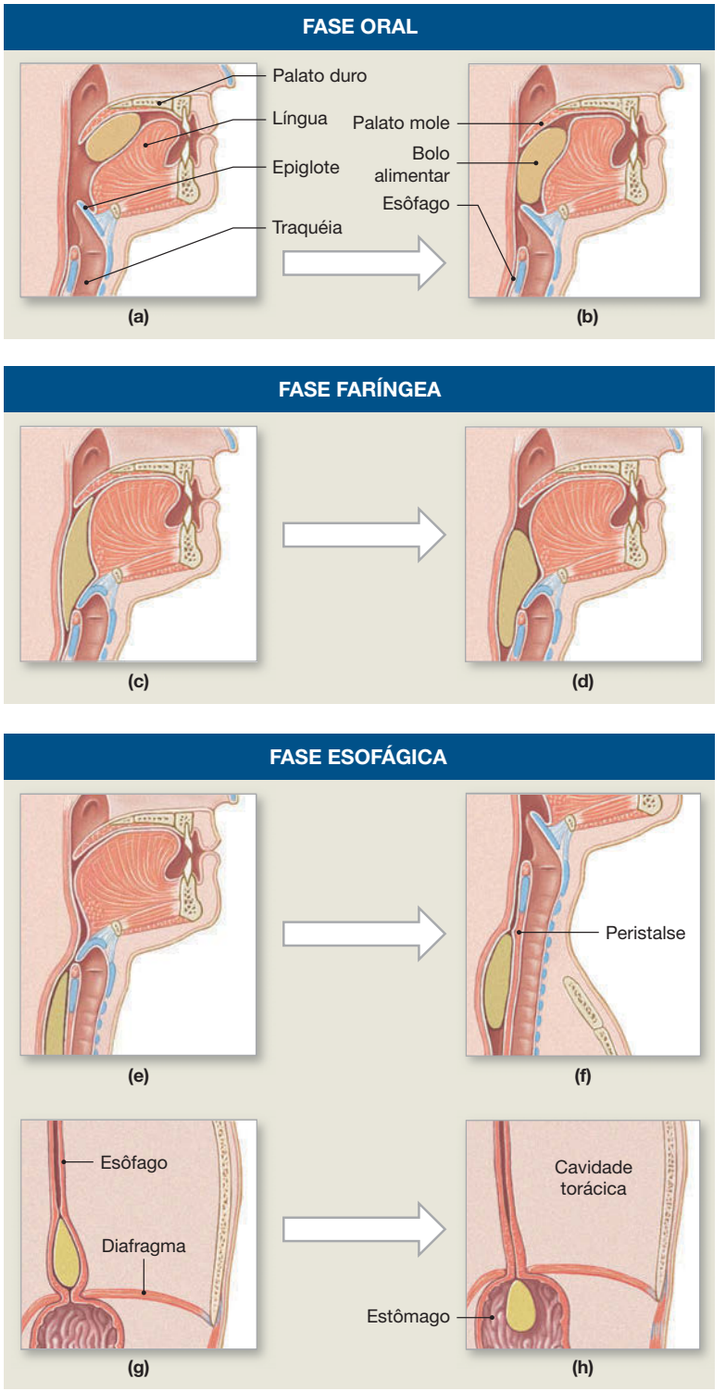


Figura 25.8 O processo da deglutição.
A seqüência, baseada em uma série de imagens radiográficas, mostra os estágios da deglutição e a movimentação de materiais da boca ao estômago: **(a, b)** fase oral, **(c, d)** fase faríngea e **(e-h)** fase esofágica.

O processo da deglutição [Figura 25.8]

A deglutição é um processo complexo cujo início é controlado voluntariamente, mas que prossegue involuntariamente uma vez iniciado. ∞ págs. 266-270 Pode ser dividido em fases *oral*, *faríngea* e *esofágica*. Aspectos fundamentais de cada fase são ilustrados na Figura 25.8.

1. A **fase oral** inicia-se com a compressão do bolo alimentar contra o palato duro. A subseqüente retração da língua, então, força o bolo alimentar em direção à faringe e contribui para a elevação do palato mole, realizada pelos músculos do palato mole, isolando assim a parte nasal da faringe (Figura 25.8a,b). A fase oral é estritamente voluntária. Entretanto, uma vez que o bolo alimentar penetra a parte oral da faringe, movimentos reflexos são iniciados e o bolo é movimentado em direção ao esôfago.
2. A **fase faríngea** inicia-se quando o bolo alimentar entra em contato com os arcos palatoglosso e palatofaríngeo, a parede posterior da faringe, ou ambos (Figura 25.8c,d). A elevação da faringe e da laringe (pelos músculos palatofaríngeo e estilofaríngeo) e o abaixamento da epiglote direcionam o bolo alimentar para a parte laríngea da faringe, posteriormente à laringe ocluída. Em menos de um segundo, os músculos constritores da faringe propelem o bolo em direção ao esôfago. Enquanto o bolo alimentar passa através da faringe em direção ao esôfago, os centros respiratórios são inibidos e a respiração cessa. ∞ pág. 649
3. A **fase esofágica** da deglutição (Figura 25.8e-g) inicia-se com a abertura do "**esfincter esofágico superior**". Após passar através do "esfincter" aberto, o bolo é empurrado ao longo do esôfago por ondas peristálticas involuntárias; a aproximação do bolo alimentar desencadeia a abertura do **"esfincter esofágico inferior"** e o bolo penetra então no estômago (Figura 25.8g,h).

O esôfago [Figuras 25.1/25.8]

O **esôfago** (Figura 25.1, pág. 657) é um tubo muscular oco que conduz alimentos sólidos e líquidos ao estômago. Está situado posteriormente à traquéia (Figura 25.8), passa ao longo do mediastino, junto à parede posterior do tórax, e entra na cavidade abdominal através de uma abertura no diafragma, o **hiato esofágico**, atingindo o estômago. ∞ pág. 278 O esôfago tem aproximadamente 25 cm de comprimento e cerca de 2 cm de diâmetro. Inicia-se no nível da cartilagem cricóidea, anteriormente à vértebra C VI, e termina anteriormente à vértebra T VII*.

O esôfago recebe suprimento sangüíneo (1) dos ramos esofágicos do *tronco tireocervical* e da *artéria carótida externa* na região cervical, (2) dos *ramos bronquiais* e dos *ramos esofágicos* da *aorta* na região do mediastino e (3) dos ramos esofágicos da *artéria frênica inferior* e da *artéria gástrica esquerda* no abdome. O sangue venoso dos capilares esofágicos é drenado pelas *veias esofágicas*, *tireóidea inferior*, *ázigo* e *gástricas*. O esôfago é inervado pelo nervo vago e pelo tronco simpático via *plexo esofágico*. ∞ págs. 463, 588-589 Nem a porção superior nem a inferior do esôfago apresentam um esfincter muscular bem definido comparável àqueles localizados em outras regiões ao longo do trato digestório. Ainda assim, os termos *"esfincter esofágico superior"* e *"esfincter esofágico inferior"* (*"esfincter cárdico"*) são usados para descrever essas regiões porque apresentam função semelhante a de outros esfincteres.

Histologia da parede esofágica [Figuras 25.2/25.9]

A parede do esôfago apresenta túnica mucosa, tela submucosa e túnica muscular comparáveis àquelas descritas anteriormente (Figura 25.2, pág. 658). Existem várias características específicas da parede esofágica, apresentadas na Figura 25.9:

- A túnica mucosa do esôfago contém um epitélio escamoso estratificado resistente à abrasão.
- A túnica mucosa e a tela submucosa formam grandes pregas ao longo da extensão do esôfago. Essas pregas permitem a sua expansão durante a passagem de bolo alimentar maior. Exceto no momento da deglutição, o tono muscular nas paredes mantém a cavidade (luz) fechada.

* N. de R.T. Neste trajeto, o esôfago apresenta-se dividido nas partes cervical, torácica e abdominal. Esta é a menor parte.

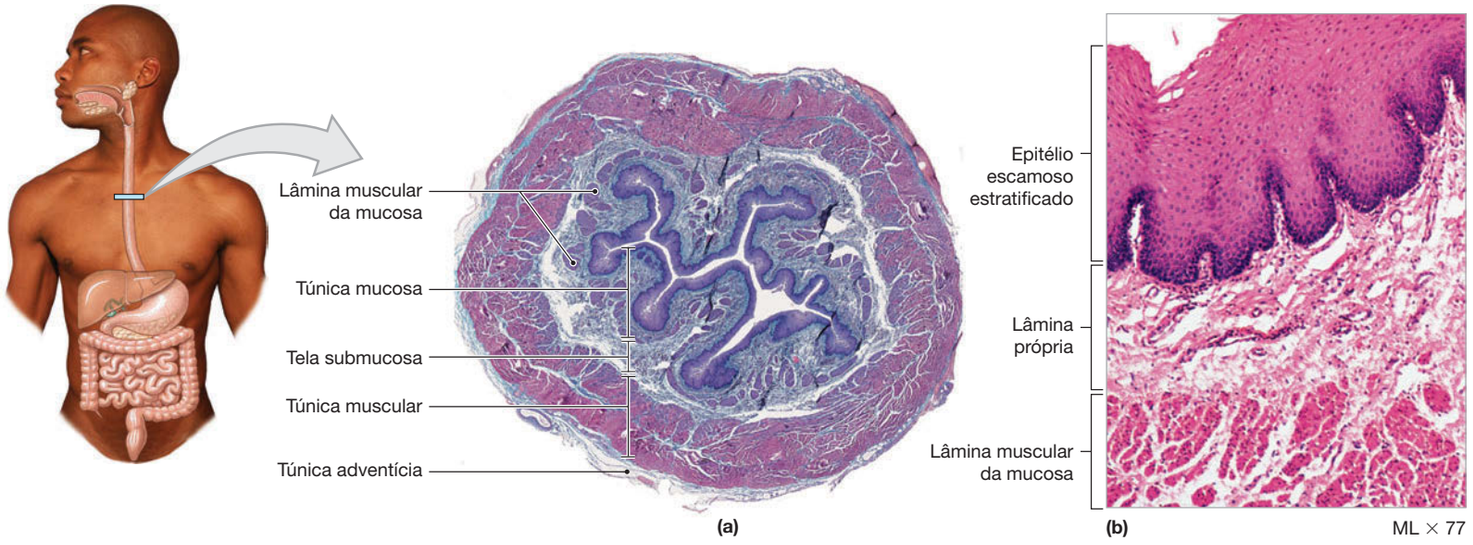


Figura 25.9 Histologia do esôfago.
(a) Vista em baixa potência de uma secção transversal do esôfago. **(b)** Túnica mucosa esofágica.

- O músculo liso da lâmina muscular da mucosa pode ser muito delgado ou estar ausente nas proximidades da faringe, mas aumenta sua espessura gradualmente para cerca de 200 a 400 µm conforme se aproxima do estômago.
- A tela submucosa contém *glândulas esofágicas* esparsas. Essas glândulas tubulares simples e ramificadas produzem secreção mucosa que lubrifica o bolo alimentar e protege a superfície epitelial.
- A túnica muscular apresenta uma **camada helicoidal de passo curto** (interna, circular) e uma **camada helicoidal de passo longo** (externa, longitudinal). No terço superior do esôfago, ambas as camadas contêm fibras musculares estriadas esqueléticas; no terço médio, encontra-se uma mistura de tecidos musculares liso e estriado esquelético; ao longo do terço inferior, apenas músculo liso é observado. O músculo estriado esquelético e o músculo liso no esôfago são controlados por reflexos viscerais e por isso não há controle voluntário sobre essas contrações.
- Não há túnica serosa. Uma camada de tecido conectivo externa à túnica muscular fixa o esôfago em posição contra a parede posterior do corpo. Essa camada fibrosa externa é denominada *túnica adventícia.* A parte do esôfago de aproximadamente 1 a 2 cm localizada entre o diafragma e o estômago é retroperitoneal, isto é, o peritônio recobre somente as superfícies anterior e lateral esquerda.

REVISÃO DOS CONCEITOS

1. Onde estão localizadas as fauces?
2. Que fenômeno está ocorrendo quando o palato mole, a faringe e a laringe se elevam e esta última é ocluída?
3. Qual etapa da deglutição é voluntária?
4. Quando alguém apresenta pirose (azia; queimação), o que está ocorrendo no esôfago?

Veja a seção de Respostas na parte final do livro.

O estômago

O estômago desempenha três funções principais: (1) armazenamento substancial de alimento ingerido, (2) quebra mecânica do alimento ingerido e (3) digestão química do alimento ingerido por meio da quebra de ligações químicas realizada por ácidos e enzimas. Esta mistura de substâncias ingeridas com ácidos e enzimas secretados pelas glândulas do estômago produz uma massa viscosa, densa e fortemente ácida denominada **quimo**.

Anatomia do estômago [Figuras 25.10 a 25.12]

O estômago, que é um órgão intraperitoneal*, apresenta o formato de um J expandido (Figuras 25.10 e 25.11). Ele ocupa as regiões do *hipocôndrio esquerdo*, *epigástrio* e partes das *regiões umbilical* e *lateral esquerda* (Figura 25.12). O tamanho e o formato do estômago são extremamente variáveis de um indivíduo para outro e de uma refeição para outra.

O formato em J do estômago apresenta uma **curvatura menor**, curta, constituindo a **margem medial** (direita) do órgão, e uma **curvatura maior**, longa, que constitui sua **margem lateral** (esquerda). Em um estômago médio, a curvatura menor apresenta comprimento de aproximadamente 10 cm, e a curvatura maior mede em torno de 40 cm. As **paredes anterior** e **posterior** são suavemente arredondadas. O estômago geralmente se estende entre os níveis das vértebras T VII e L III.

O estômago é subdividido em quatro regiões (Figuras 25.10 e 25.11):

1. O esôfago faz contato com a margem medial do estômago na **cárdia**, assim denominada por causa de sua proximidade com o coração. Esta é a parte súpero-medial do estômago, que tem 3 cm desde a junção esofagogástrica. A cavidade (luz) esofágica abre-se na cárdia pelo **óstio cárdico**.
2. A parte do estômago localizada superiormente à junção esofagogástrica é denominada **fundo gástrico**. O fundo gástrico faz contato com a superfície ínfero-posterior do diafragma.
3. A parte entre o fundo gástrico e as curvaturas do estômago (em forma de J) é o **corpo gástrico**. O corpo é a maior parte do estômago; funciona como um compartimento para mistura de alimentos ingeridos e secreções gástricas.
4. A **parte pilórica** é a última porção do estômago. Está subdividida em *antro pilórico*, que se continua com o corpo gástrico, e *canal pilórico*, que se continua com o *duodeno*, o segmento proximal do intestino delgado. Com a movimentação para misturar o material digerido que ocorre durante a digestão, a parte pilórica freqüentemente modifica

* N. de R.T. O estômago é uma víscera peritonizada (veja N. de R.T. na pág. 660).

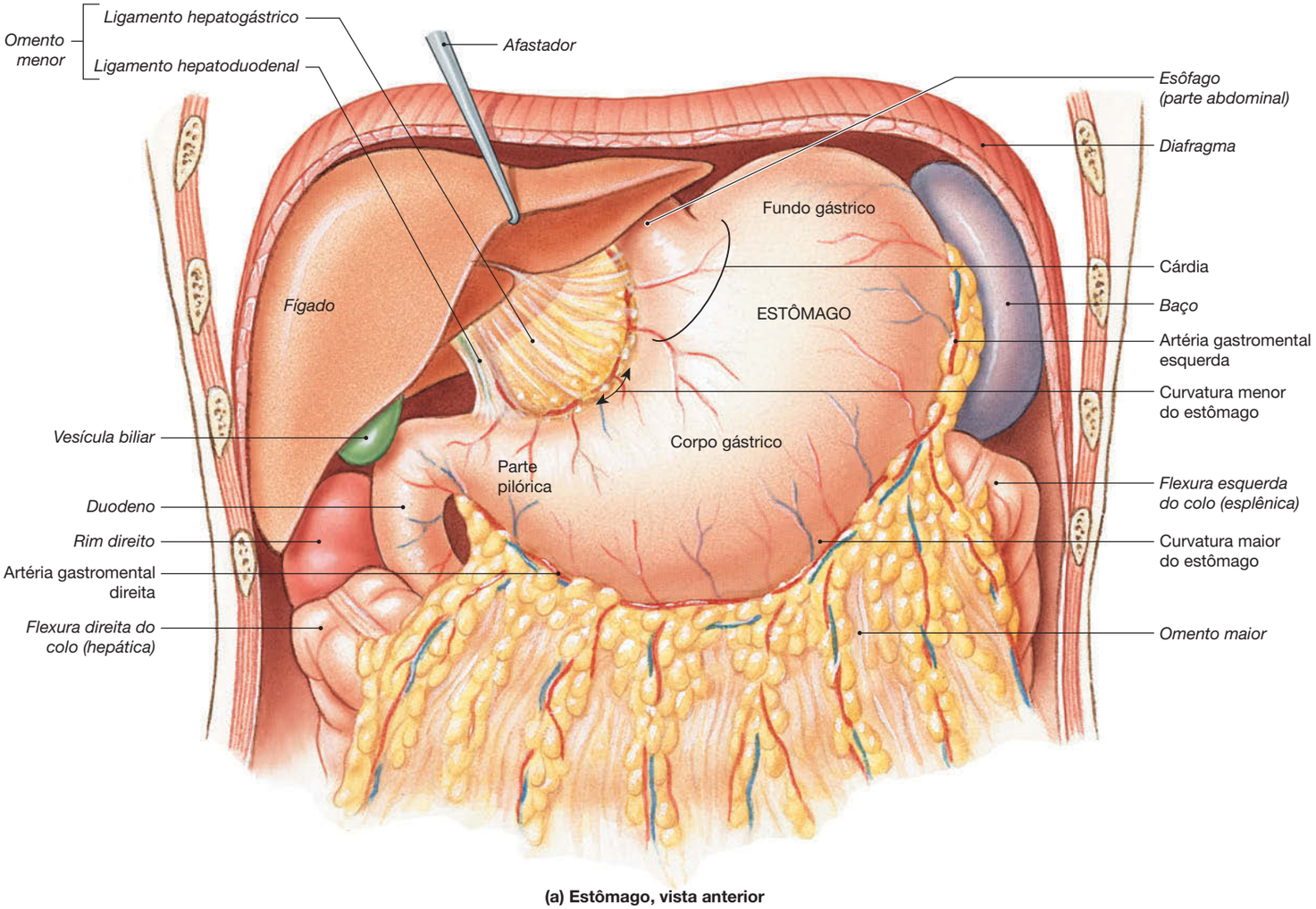
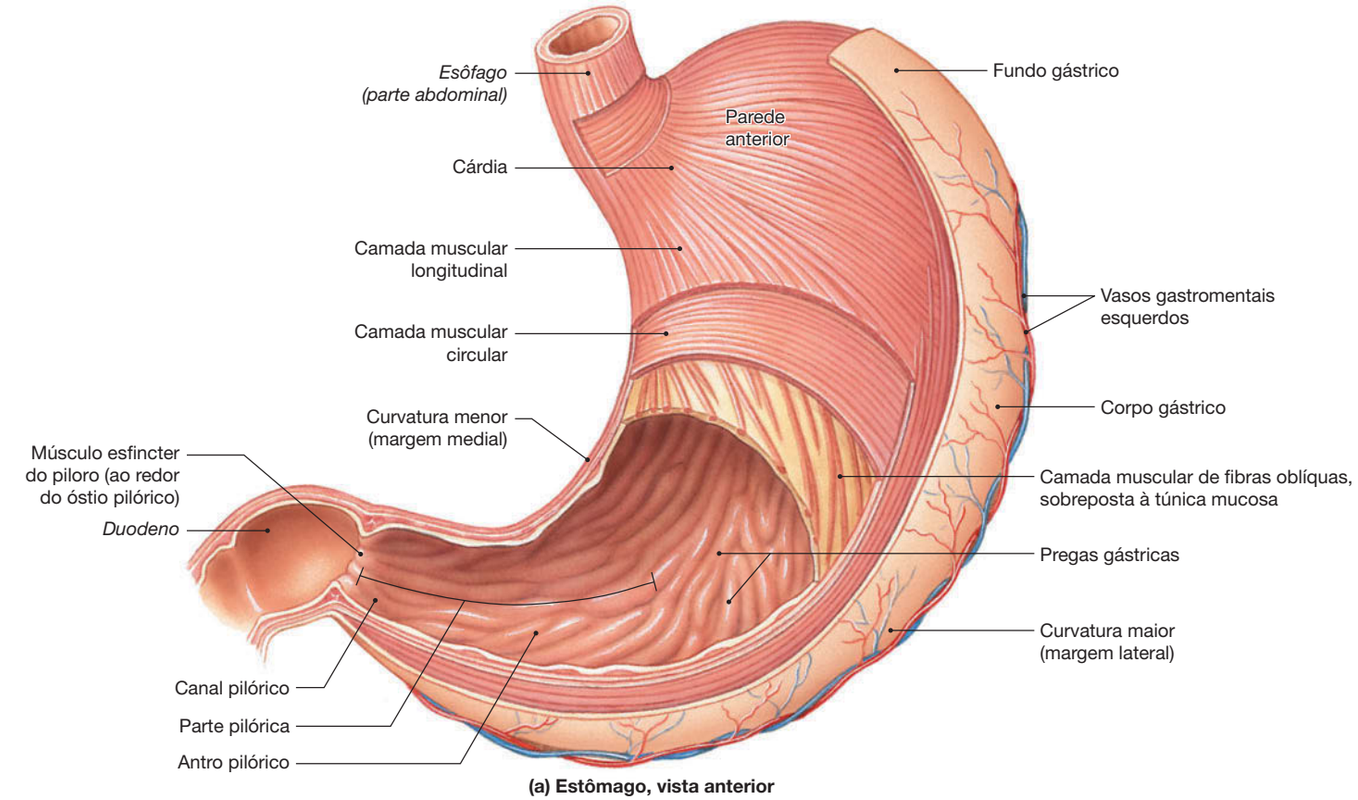


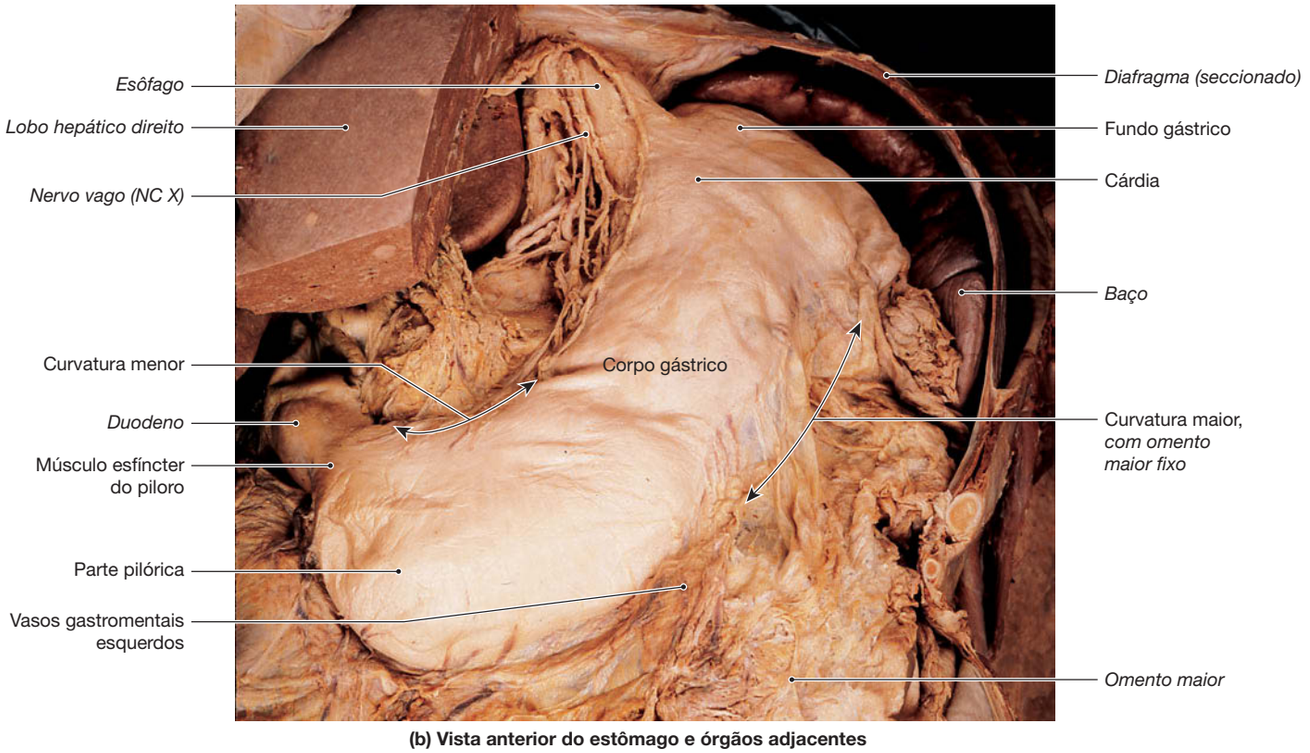
Figura 25.10 O estômago e os omentos.
(a) Anatomia de superfície do estômago, mostrando vasos sangüíneos e relações com o fígado e os intestinos. **(b)** Radiografia do estômago e duodeno, após deglutição de solução de bário para aumentar o contraste. **(c)** Radiografia da parte pilórica e do duodeno, com o piloro controlando a passagem do conteúdo gástrico.

seu formato. O **músculo esfincter do piloro** regula a liberação do quimo através do **óstio pilórico** para o duodeno.

O volume do estômago aumenta nas refeições e diminui conforme o quimo deixa o estômago e penetra no intestino delgado. Em um estômago



(a) Estômago, vista anterior



(b) Vista anterior do estômago e órgãos adjacentes

Figura 25.11 Anatomia macroscópica do estômago.
(a) Anatomias externa e interna do estômago. **(b)** Vista anterior da porção superior da cavidade abdominal após remoção do lobo hepático esquerdo e omento menor. Observe a posição e a orientação do estômago.

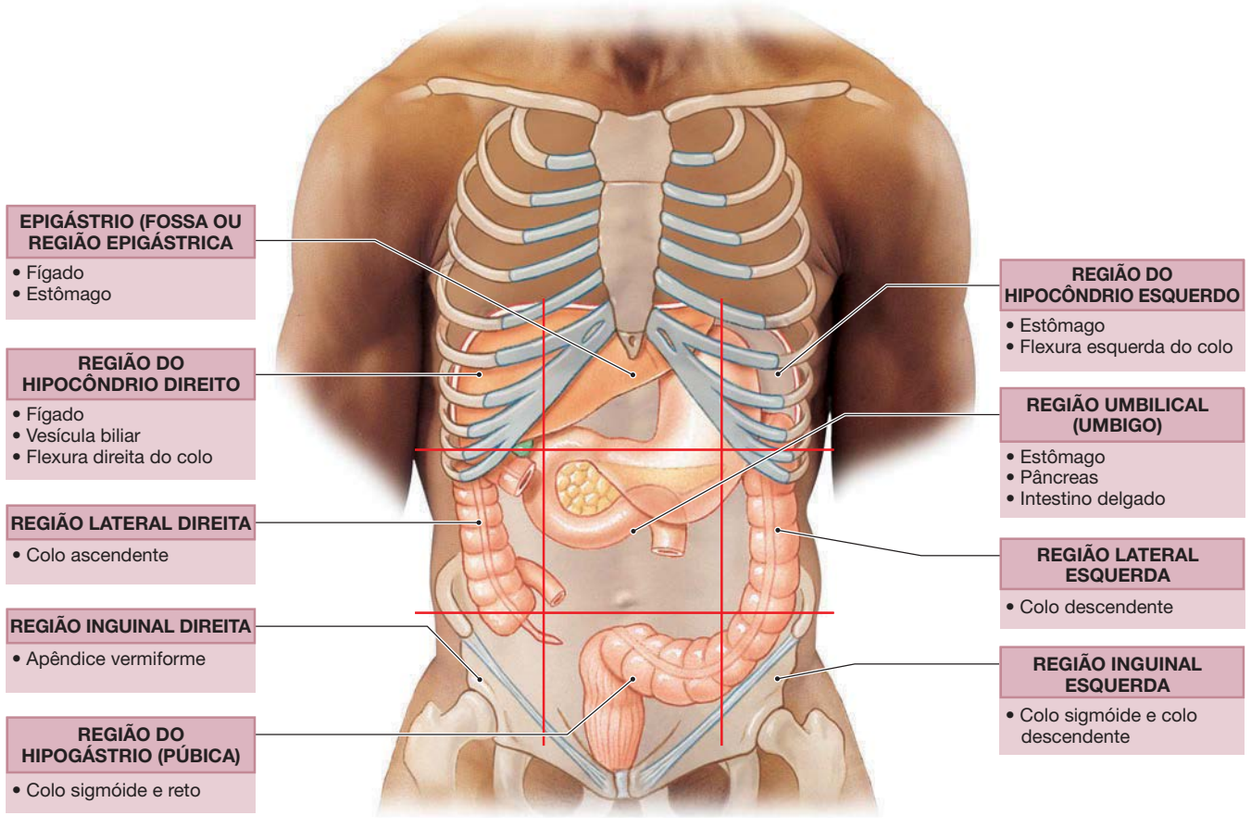


Figura 25.12 **Regiões e planos do abdome.**

relaxado (vazio), a túnica mucosa encontra-se disposta de modo a formar numerosas pregas longitudinais proeminentes, denominadas **pregas gástricas** (Figura 25.11a). As pregas gástricas permitem a expansão da cavidade do estômago. Conforme ocorre a expansão, o revestimento epitelial, que não é elástico, torna-se plano e as pregas tornam-se menos proeminentes. Em um estômago cheio, essas pregas praticamente desaparecem.

As projeções peritoneais do estômago [Figuras 25.4/25.10a]

O peritônio visceral que reveste a superfície externa do estômago continua-se com um par de projeções peritoneais extensas. O *omento maior* forma uma grande expansão que pende como um avental a partir da curvatura maior do estômago. O omento maior encontra-se posteriormente à parede abdominal anterior e anteriormente às vísceras abdominais (Figuras 25.4, pág. 661, e 25.10a). O tecido adiposo no omento maior se adapta ao formato dos órgãos circundados; isso propicia amortecimento e proteção às paredes anterior e laterais do abdome. Os lipídeos no tecido adiposo representam uma importante reserva de energia, e o omento maior proporciona isolamento térmico, reduzindo a perda de calor através da parede abdominal anterior. O *omento menor* é uma projeção bem menor, que se origina do mesentério ventral primitivo, entre a curvatura menor do estômago e o fígado. O omento menor estabiliza a posição do estômago e oferece uma rota de acesso para vasos sangüíneos e outras estruturas que penetram ou partem do fígado.

Suprimento sangüíneo ao estômago [Figuras 22.17/22.26/25.10a]

Os três ramos do tronco celíaco oferecem suprimento sangüíneo ao estômago (Figura 22.17, pág. 589, e 25.10a):

- A *artéria gástrica esquerda* irriga a curvatura menor e a cárdia.
- A *artéria esplênica* (*lienal*) irriga o fundo gástrico diretamente e a curvatura maior através da *artéria gastromental esquerda.*
- A *artéria hepática comum* irriga as curvaturas maior e menor da parte pilórica através da *artéria gástrica direita*, *artéria gastromental direita* e *artéria gastroduodenal.* As *veias gástricas* e *gastromentais* drenam o sangue do estômago para a veia porta do fígado (Figura 22.26) pág. 600

Musculatura do estômago [Figura 25.11a]

A lâmina muscular da mucosa e a túnica muscular do estômago contêm camadas adicionais de músculo liso além das típicas *camadas circular* e *longitudinal.* A lâmina muscular da mucosa geralmente contém uma camada circular externa adicional de fibras musculares. A túnica muscular apresenta uma *camada* interna adicional de músculo liso, cujas fibras são oblíquas (Figura 25.11a). As camadas adicionais de músculo liso fortalecem a parede do estômago e desempenham atividades essenciais para misturar e amassar o material ingerido na formação do quimo.

Histologia do estômago [Figura 25.13]

Um epitélio colunar simples reveste todas as regiões do estômago. O epitélio é uma *lâmina secretora* que produz uma cobertura de muco que reveste a superfície interna do estômago. pág. 72 A camada de muco protege o epitélio contra as enzimas e os ácidos na cavidade do estômago. Depressões rasas, denominadas **fovéolas gástricas**, abrem-se na superfície do estômago (Figura 25.13). As células mucosas na base, ou *colo*, de cada fovéola gástrica dividem-se ativamente para a reposição das células superficiais que são continuamente perdidas no quimo. A substituição contínua das células epiteliais proporciona uma defesa adicional contra o conteúdo gástrico. Quando os ácidos e as enzimas digestivas do estô-

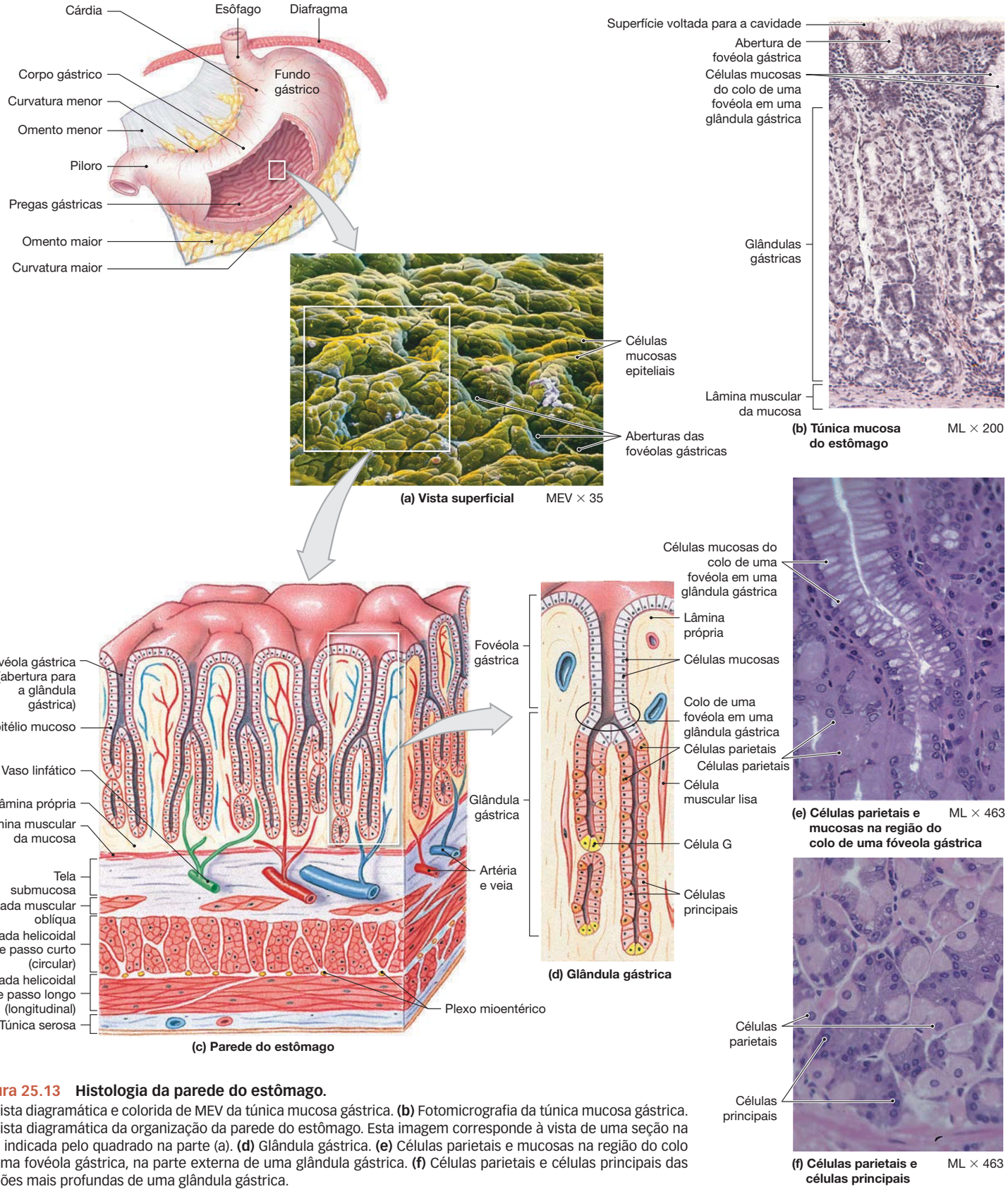


Figura 25.13 Histologia da parede do estômago.
(a) Vista diagramática e colorida de MEV da túnica mucosa gástrica. **(b)** Fotomicrografia da túnica mucosa gástrica. **(c)** Vista diagramática da organização da parede do estômago. Esta imagem corresponde à vista de uma seção na área indicada pelo quadrado na parte (a). **(d)** Glândula gástrica. **(e)** Células parietais e mucosas na região do colo de uma fovéola gástrica, na parte externa de uma glândula gástrica. **(f)** Células parietais e células principais das porções mais profundas de uma glândula gástrica.

mago penetram as camadas de muco, as células epiteliais danificadas são rapidamente substituídas.

Células gástricas secretoras

No corpo e no fundo gástricos, cada fovéola gástrica comunica-se com muitas **glândulas gástricas** que se estendem profundamente, penetrando a lâmina própria subjacente. Glândulas gástricas (**Figura 25.13b**) são glândulas tubulares ramificadas simples, dominadas por três tipos de células secretoras: *células parietais*, *células principais* e *células enteroendócrinas*, esparsas entre os outros dois tipos de células (**Figura 25.13c-f**). As células parietais e principais trabalham conjuntamente para secretar cerca de 1.500 mL de **suco gástrico** por dia.

Células parietais Células que secretam *fator intrínseco* e *ácido clorídrico* (HCl) são denominadas **células parietais**, ou *células oxínticas*. Elas são especialmente comuns ao longo das porções proximais de cada glândula gástrica. O **fator intrínseco** facilita a absorção de vitamina B_{12} através do revestimento intestinal. A vitamina B_{12} é necessária para a eritropoese normal. pág. 543 O ácido clorídrico reduz o pH do suco gástrico, mata microrganismos, quebra as paredes celulares e os tecidos conectivos nos alimentos e ativa as secreções das células principais.

Células principais As **células principais**, ou *células zimogênicas*, são as mais abundantes nas proximidades da base de uma glândula gástrica. Essas células secretam **pepsinogênio**, o qual é convertido pelos ácidos na cavidade do estômago em uma enzima proteolítica ativa (proteína digestiva), a **pepsina**. O estômago de recém-nascidos (mas não o de adultos) também produz a **renina** e a **lipase gástrica**, enzimas importantes para a digestão do leite. A renina coagula as proteínas do leite, enquanto a lipase gástrica inicia a digestão das gorduras do leite.

Células enteroendócrinas Esparsas entre as células parietais e as células principais estão as **células enteroendócrinas**. Essas células produzem pelo menos sete secreções diferentes. As **células G**, por exemplo, são as células enteroendócrinas mais abundantes nas fovéolas gástricas da parte pilórica do estômago. Elas secretam o hormônio **gastrina**. A gastrina, que é liberada quando o alimento entra no estômago, estimula a atividade secretora das células parietais e das células principais. Também promove a atividade da musculatura lisa na parede gástrica, aumentando a movimentação para misturar e amassar o material ingerido.

Regulação do estômago

A produção de ácido e enzimas pela túnica mucosa gástrica pode ser diretamente controlada pelo sistema nervoso central e regulada indiretamente por hormônios locais. A regulação pelo SNC envolve o nervo vago (inervação parassimpática) e ramos do plexo celíaco (inervação simpática). A visão ou a lembrança de um alimento desencadeia impulsos nervosos motores no nervo vago. Fibras parassimpáticas pós-ganglionares inervam as células parietais, principais e células mucosas do estômago. A estimulação gera um aumento na produção de ácidos, enzimas e muco. A chegada do alimento ao estômago estimula receptores de estiramento na parede do estômago e quimioceptores na túnica mucosa. Contrações reflexas ocorrem nas camadas musculares da parede do estômago, e a gastrina é liberada pelas células enteroendócrinas. As células parietais e principais respondem à presença da gastrina acelerando sua atividade secretora. As células parietais são especialmente sensíveis à gastrina, de forma que a velocidade de produção de ácido aumenta mais significativamente do que a velocidade de secreção de enzima.

A ativação simpática leva à inibição da atividade gástrica. Além disso, o intestino delgado produz dois hormônios que inibem a secreção gástrica. A **secretina** e a **colecistoquinina** estimulam a secreção pelo pâncreas e pelo fígado; a diminuição da atividade gástrica é um efeito secundário, porém complementar.

Nota clínica

Gastrite e úlceras pépticas A inflamação da túnica mucosa gástrica causa **gastrite**, uma inflamação superficial do revestimento do estômago. Esta condição pode desenvolver-se após a ingestão de drogas, inclusive álcool e aspirina. A gastrite também pode ocorrer após intenso estresse físico ou emocional, infecção bacteriana da parede gástrica ou ingestão de substâncias químicas de pH muito ácido ou muito alcalino. Infecções envolvendo a bactéria *Helicobacter pylori* são um importante fator na formação de úlceras; *úlcera* é uma erosão localizada e diferenciada do revestimento do estômago. Estas bactérias são capazes de sobreviver por um período de tempo suficiente para penetrar o muco que recobre o epitélio. Uma vez no interior da camada protetora de muco, as bactérias encontram um ambiente protegido contra a ação dos ácidos e das enzimas gástricas. Com o passar do tempo, a infecção danifica o revestimento epitelial, o que gera dois resultados principais: (1) erosão da lâmina própria por sucos gástricos e (2) entrada e disseminação de bactérias através da parede gástrica para o interior da corrente sangüínea.

Uma **úlcera péptica** desenvolve-se quando os ácidos e as enzimas digestivas causam a erosão das defesas do revestimento do estômago ou das porções proximais do intestino delgado. As localizações podem ser indicadas pela utilização dos termos **úlcera gástrica** (estômago) ou **úlcera duodenal** (duodeno). Úlceras pépticas resultam da produção excessiva de ácido ou da inadequada produção do muco alcalino que impõe uma defesa epitelial. Há uma estimativa de que 50 a 80% das úlceras gástricas e 95% das úlceras duodenais ocorram em indivíduos infectados com *H. pylori*.

Uma vez que o suco gástrico tenha destruído a camada epitelial, a lâmina própria, virtualmente indefesa, será exposta ao ataque dos agentes digestivos. Dores abdominais agudas ocorrem como conseqüência, podendo haver sangramento. A administração de antiácidos pode muitas vezes controlar as úlceras pépticas, neutralizando os ácidos e propiciando tempo para que a túnica mucosa possa se regenerar. Algumas drogas inibem a produção e a secreção de ácidos. Tratamentos intensivos de aproximadamente 10 dias com múltiplos antibióticos podem eliminar a *H. pylori* e curar a maioria das úlceras, mas pode ocorrer reinfecção. Restrições nutricionais também contribuem para o tratamento, como a limitação da ingestão de bebidas ácidas e a eliminação da ingestão de alimentos que estimulem a produção de ácido (p. ex., cafeína), ou que danifiquem células mucosas desprotegidas (p. ex., álcool). Em casos graves, a lesão pode provocar sangramento significativo e os ácidos podem até mesmo causar a corrosão completa da parede do trato digestório, invadindo a cavidade peritoneal. Essa alteração é chamada de **úlcera perfurada** e exige correção cirúrgica imediata.

REVISÃO DOS CONCEITOS

1. Quais são as funções do omento maior?
2. De que maneira as células de revestimento do estômago não são danificadas, mesmo estando em um ambiente de pH tão ácido?
3. Qual é a substância secretada pelas células principais?
4. Que hormônios estimulam a secreção das células parietais e principais?

Veja a seção de Respostas na parte final do livro.

O intestino delgado

[Figuras 25.2a,b/25.10/25.12/25.14 a 25.16]

A função primária do **intestino delgado** está relacionada à digestão e à absorção de nutrientes. O intestino delgado apresenta um comprimento

médio de 6 m (variando entre 5,0 e 8,3 m) e diâmetro variando entre 4 cm junto ao estômago e 2,5 cm na junção com o intestino grosso. Ele ocupa toda a região abdominal, exceto as regiões do epigástrio e do hipocôndrio esquerdo (Figuras 25.12, pág. 671, e 25.14). Noventa por cento da absorção de nutrientes ocorre no intestino delgado e a maior parte do restante ocorre na porção proximal do intestino grosso.

O intestino delgado preenche a maior parte da cavidade abdominal. Sua posição é estabilizada pelo mesentério, fixo à parede posterior do corpo. Movimentos do intestino delgado durante a digestão são restringidos pelo estômago, pelo intestino grosso, pela parede abdominal e pelo cíngulo do membro inferior. As Figuras 25.10, pág. 669, 25.12 e 25.14 mostram a posição do intestino delgado em relação a outros segmentos do trato digestório.

O revestimento intestinal apresenta uma série de pregas transversais denominadas **pregas circulares** (Figuras 25.2a,b, pág. 658, 25.15a e 25.16b). Diferentemente das pregas gástricas, cada prega circular é uma característica permanente do revestimento intestinal; as pregas circulares não desaparecem com o preenchimento do intestino delgado. Em torno de 800 pregas circulares são observadas ao longo da extensão de um intestino delgado, e a presença dessas pregas aumenta significativamente a área de superfície disponível para absorção.

Partes do intestino delgado [Figura 25.14]

O intestino delgado apresenta três partes: o *duodeno*, o *jejuno* e o *íleo* (Figura 25.14).

O duodeno [Figuras 25.4b/25.10b,c/25.14]

O **duodeno** (Figuras 25.10b,c, pág. 669, e 25.14) é o segmento mais curto e mais largo do intestino delgado; apresenta aproximadamente 25 cm de comprimento. O duodeno é a parte imediatamente após o piloro do estômago, e o óstio pilórico de comunicação é controlado pelo músculo esfincter do piloro. A partir do seu início, no referido esfincter, o duodeno descreve uma curvatura em C, que se encaixa no pâncreas. A porção dos 2,5 cm proximais é peritonizada e o restante é secundariamente retroperitoneal e localizado entre as vértebras L I e L IV (Figura 25.4b, pág. 661).

O duodeno assemelha-se a um "recipiente para mistura" que recebe o quimo a partir do estômago e as secreções digestivas a partir do pâncreas e do fígado. Quase todas as enzimas digestivas essenciais entram no intestino delgado a partir do pâncreas.

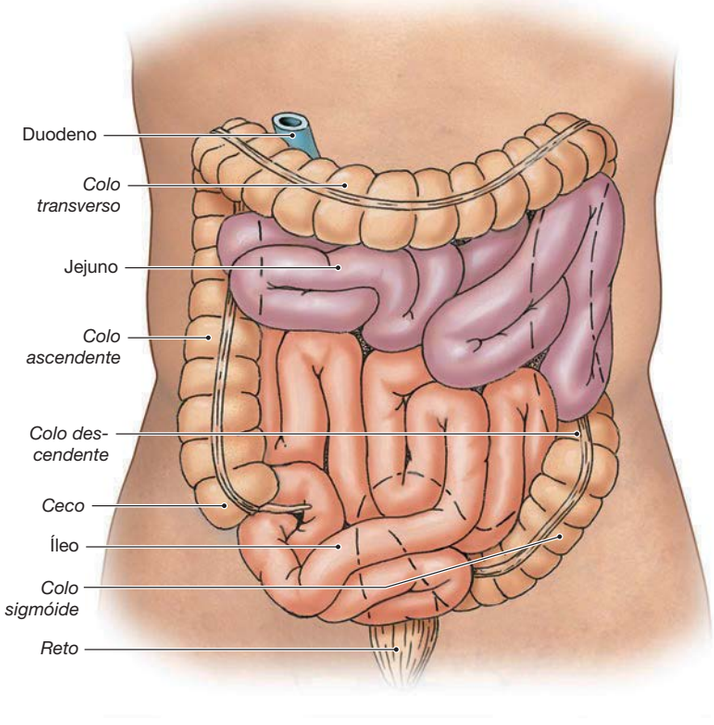


Figura 25.14 Partes do intestino delgado.
O código de cores indica os tamanhos relativos e as posições do duodeno, do jejuno e do íleo.

O jejuno

Uma curva abrupta, a *flexura duodenojejunal*, marca o limite entre o duodeno e o **jejuno**. Nesta junção, o intestino delgado proemina novamente em direção à cavidade peritoneal, tornando-se peritonizado e sendo sustentado por uma dupla lâmina de mesentério. O jejuno apresenta aproximadamente 2,5 m de comprimento. A maior parte da digestão química e absorção de nutrientes ocorre no jejuno.

O íleo

O **íleo**, que também é peritonizado, é o terceiro e último segmento do intestino delgado. É também o mais longo, medindo cerca de 3,5 m de comprimento. O íleo termina como um esfincter, a "*valva ileocecal*", que controla o fluxo de materiais do íleo ao *ceco* do intestino grosso. A "valva ileocecal" protrai-se para o interior do ceco*.

Sustentação do intestino delgado

[Figuras 22.17/22.26/25.4]

O duodeno não é sustentado pelo mesentério. Seus 2,5 cm proximais são móveis, porém a porção restante é retroperitoneal, mantendo-se fixa à parede abdominal posterior. O jejuno e o íleo são sustentados por um mesentério amplo e em forma de leque conhecido como **mesentério "próprio"** (Figura 25.4, pág. 661). Vasos sangüíneos, linfáticos e nervos atingem estes segmentos do intestino delgado passando através de tecidos conectivos do mesentério. Os vasos sangüíneos envolvidos são as *artérias e veias jejunais e ileais*, ramos da *artéria mesentérica superior* e *veia mesentérica superior* (Figuras 22.17 e 22.26). ∞ págs. 589, 600 A inervação parassimpática é fornecida pelo nervo vago; a inervação simpática envolve fibras pós-ganglionares do *gânglio mesentérico superior*. ∞ pág. 457

Histologia do intestino delgado

O epitélio intestinal [Figuras 25.15/25.16]

A túnica mucosa do intestino delgado apresenta uma série de projeções digitiformes, as **vilosidades intestinais** (Figuras 25.15 e 25.16), que se projetam para o interior da cavidade. Cada vilosidade é revestida por um epitélio colunar simples. As superfícies apicais das células epiteliais são recobertas por microvilosidades, e as células são freqüentemente descritas como apresentando "margem em escova". Se o intestino delgado fosse um tubo simples com paredes lisas, ele apresentaria uma área total de absorção de aproximadamente 0,33 m^2. Entretanto, em vez disso, o epitélio contém pregas circulares. Cada prega sustenta um conjunto de vilosidades, e cada vilosidade é recoberta por células epiteliais, cujas superfícies expostas contêm microvilosidades. Essa organização amplia a área total de absorção para mais de 200 m^2.

Glândulas (criptas) intestinais [Figura 25.15b,d]

Por entre as células colunares do epitélio, as células caliciformes ejetam mucina sobre as superfícies intestinais. Nas bases das vilosidades estão localizadas as entradas para as **glândulas (criptas) intestinais**, ou *criptas de*

* N. de R.T. Em realidade, a parte terminal do íleo tem sua extremidade projetada no interior do ceco constituindo a **papila ileal**, cujo óstio ileal apresenta os lábios ileocólico e ileocecal nas suas margens. Este conjunto, para alguns autores, constituiria uma "valva".

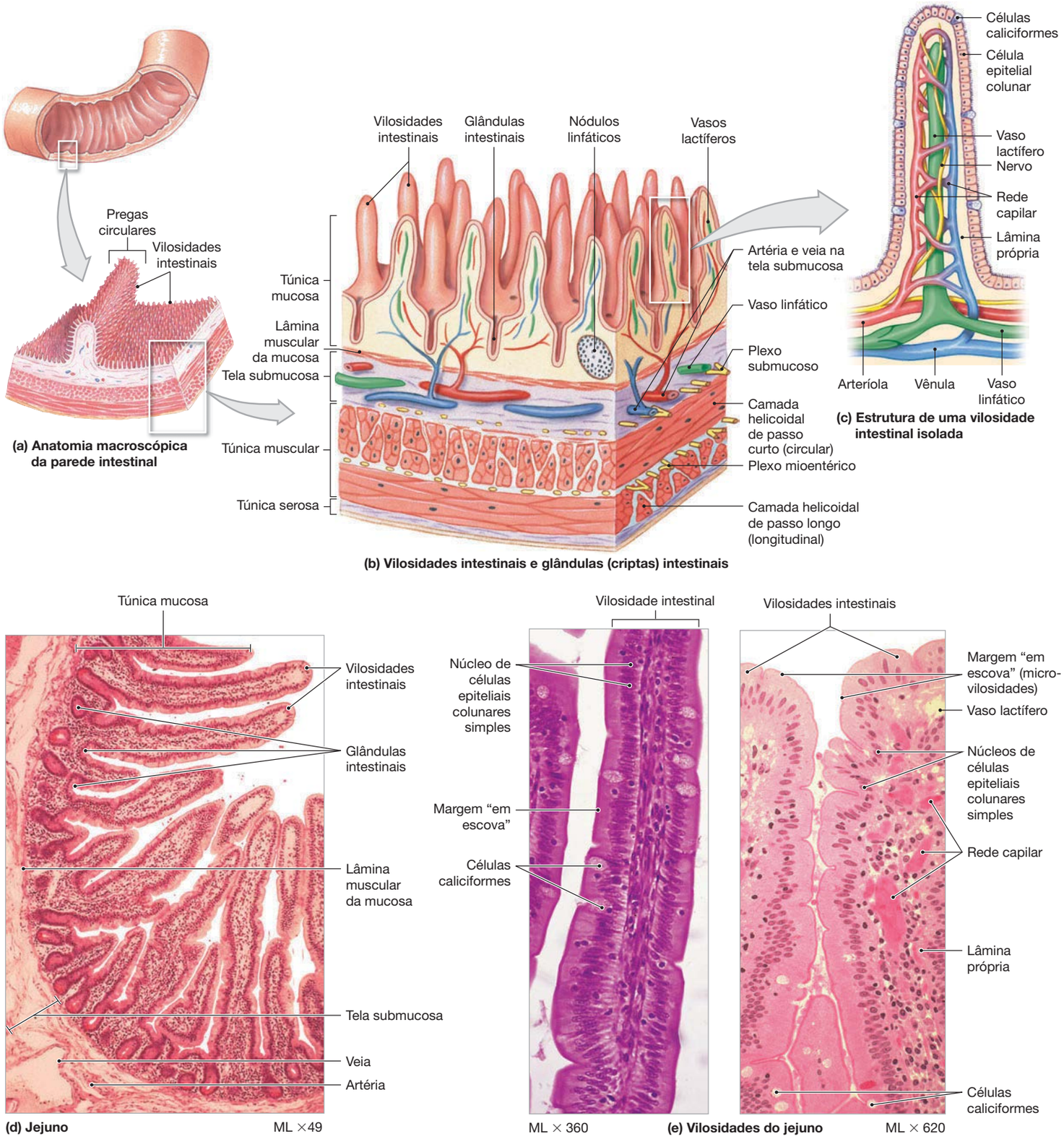


Figura 25.15 Histologia da parede intestinal.
(a) Características específicas do revestimento intestinal. **(b)** A organização das vilosidades e glândulas (criptas) intestinais. **(c)** Vista diagramática de uma única vilosidade, mostrando o suprimento de capilares e o suprimento linfático. **(d)** Vista panorâmica da parede do intestino delgado, mostrando a túnica mucosa com as vilosidades, pregas, tela submucosa e túnica muscular típicas. **(e)** Fotomicrografias das vilosidades do jejuno.

Lieberkühn. Estas bolsas estendem-se profundamente para o interior da lâmina própria subjacente (**Figura 25.15b,d**). Nas proximidades da base de cada glândula, células-tronco dividem-se continuamente, produzindo novas gerações de células epiteliais. Essas novas células são continuamente deslocadas em direção à superfície intestinal, e em alguns dias elas alcançarão o ápice de uma vilosidade, de onde se desprendem para a cavidade

do intestino. Esse processo contínuo renova a superfície epitelial e adiciona enzimas intracelulares ao quimo.

As glândulas (criptas) intestinais também contêm células enteroendócrinas responsáveis pela produção de muitos hormônios intestinais, inclusive a colecistoquinina e a secretina, além de enzimas com atividade antibacteriana.

A lâmina própria [Figura 25.15b,c,e]

A lâmina própria de cada vilosidade intestinal contém uma extensa rede de vasos capilares que absorve e conduz nutrientes para a circulação porta-hepática. Além dos capilares e das terminações nervosas, cada vilosidade contém um terminal linfático denominado **vaso lactífero** (*lacteus*, leite) (Figura 25.15b,c,e). Os vasos lactíferos transportam materiais que não penetram nos capilares locais. Esses materiais, como grandes complexos lipoprotéicos, atingem finalmente a circulação venosa através do ducto torácico. O termo *lactífero* refere-se à aparência pálida e leitosa da linfa que contém grandes quantidades de lipídeos.

Especializações regionais [Figura 25.16]

As partes do intestino delgado apresentam especializações histológicas relacionadas às suas funções primordiais. Secções representativas de cada região do intestino delgado são apresentadas na Figura 25.16.

O duodeno [Figuras 25.16/25.22b] O duodeno contém numerosas glândulas mucosas. Além das glândulas intestinais, a tela submucosa contém **glândulas submucosas duodenais**, também conhecidas como *glândulas de Brünner*. Essas glândulas produzem grandes quantidades de muco (Figura 25.16). O muco produzido pelas glândulas intestinais e submucosas protege o epitélio contra a ação corrosiva do quimo ácido que chega do estômago. O muco também contém soluções-tampão que contribuem para a elevação do pH do quimo. Glândulas submucosas são mais abundantes na região proximal do duodeno e decrescem em número ao se aproximar do jejuno. Ao percorrer essa distância, o pH do conteúdo intestinal modifica-se, passando de 1 a 2 para 7 a 8; já na região onde se inicia o jejuno, a produção extra de muco não é mais necessária.

Soluções-tampão e enzimas advindas do pâncreas e bile, do fígado, entram no duodeno aproximadamente na metade da sua extensão. No interior da parede do duodeno, o *ducto colédoco*, que se origina a partir do fígado e da vesícula biliar, e o *ducto pancreático*, que se origina no pâncreas, unem-se em uma câmara muscular denominada **ampola hepatopancreática**. Essa câmara abre-se na cavidade do duodeno, em uma pequena protuberância denominada **papila do duodeno**, ou, quando um ducto pancreático acessório encontra-se presente, *papila maior do duodeno* (Figuras 25.16 e 25.22b).

O jejuno e o íleo [Figuras 25.15d,e/25.16] Pregas e vilosidades permanecem proeminentes na metade proximal do jejuno (Figuras 25.15d,e e

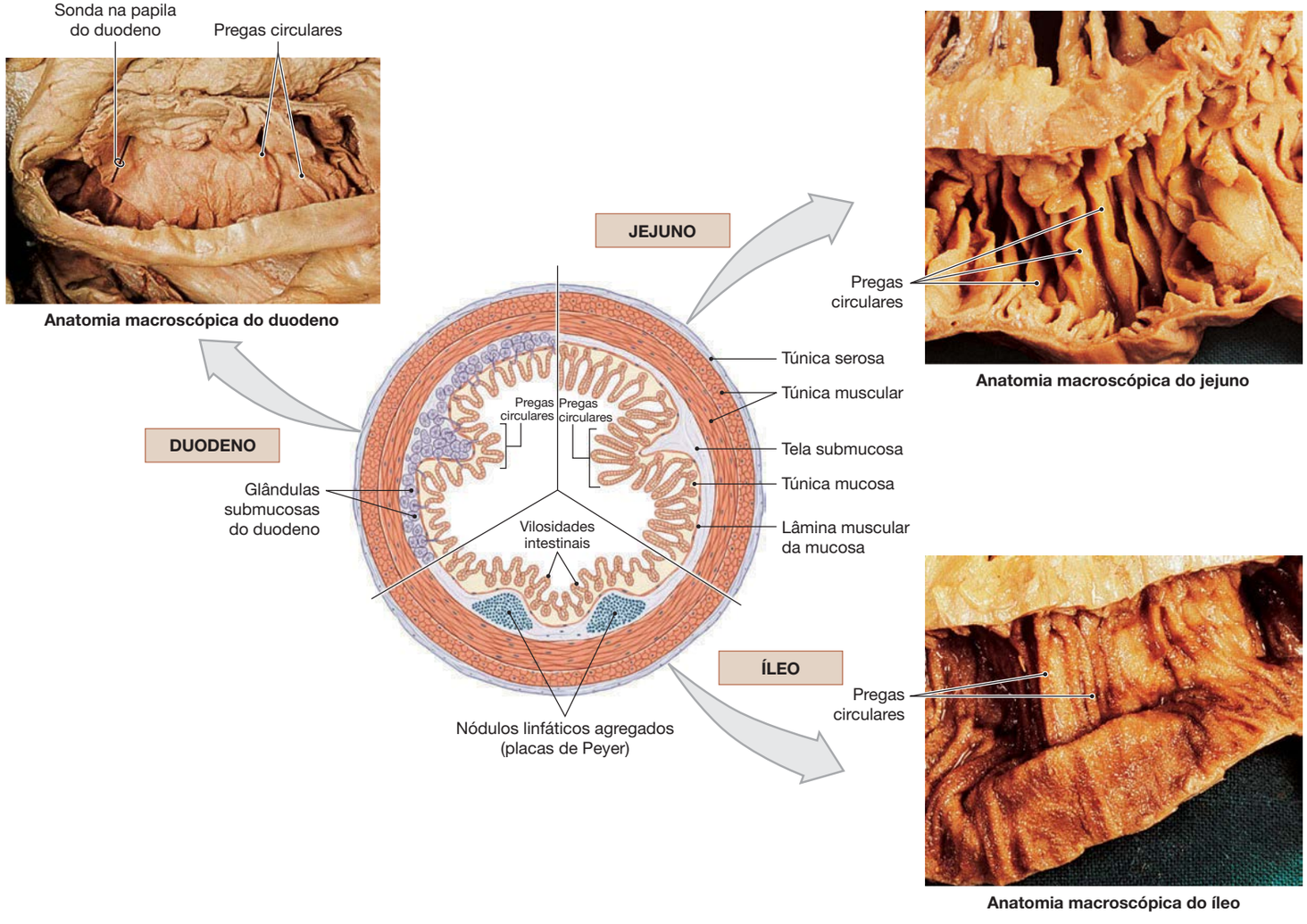


Figura 25.16 Partes do intestino delgado.
Vista diagramática ressaltando as figuras que diferenciam cada região do intestino delgado. O detalhe mostra a secção transversal no nível da papila do duodeno. As fotografias mostram a anatomia macroscópica do revestimento intestinal em cada parte do intestino delgado.

25.16). A maior parte da absorção dos nutrientes ocorre neste local. Ao se aproximar do íleo, as pregas e vilosidades tornam-se menores e continuam a diminuir em tamanho e número até a parte terminal do íleo. Essa redução determina, em conseqüência, a redução da atividade de absorção; a maior parte da absorção dos nutrientes ocorre antes de o material atingir a parte terminal do íleo. A região adjacente ao intestino grosso apresenta menor quantidade de pregas, e as vilosidades esparsas são rústicas e cônicas.

Bactérias, em especial *E. coli*, são normalmente encontradas habitando a cavidade do intestino grosso. Essas bactérias são nutridas pela túnica mucosa circundante. As barreiras epiteliais (células, muco e sucos digestivos) e células subjacentes do sistema imunológico protegem o intestino delgado das bactérias que migram a partir do intestino grosso. Nódulos linfáticos solitários pequenos e isolados encontram-se presentes na lâmina própria do jejuno. No íleo, os nódulos linfáticos tornam-se mais numerosos e fundem-se para formar grandes massas de tecido linfático (**Figura 25.16**). Esses centros linfáticos, denominados **nódulos linfáticos agregados**, ou *placas de Peyer*, podem atingir o tamanho de cerejas. pág. 617 Eles são mais abundantemente distribuídos na parte terminal do íleo, nas proximidades da entrada do intestino grosso, que em geral contém um grande número de bactérias de ação potencialmente prejudicial.

Regulação do intestino delgado

Conforme ocorre a absorção, contrações peristálticas fracas lentamente movimentam o material ao longo do intestino delgado. Os movimentos do intestino delgado são controlados principalmente por reflexos neurais que envolvem o plexo submucoso e o plexo mioentérico. A estimulação do sistema parassimpático aumenta a ativação desses reflexos e acelera as contrações peristálticas e os movimentos de segmentação. Essas contrações e movimentos, que promovem a mistura do conteúdo intestinal, são geralmente limitados a alguns centímetros a partir do estímulo original. Movimentos intestinais coordenados ocorrem quando o alimento entra no estômago; esses movimentos tendem a propelir o material a partir do duodeno na direção do intestino grosso. Durante esses períodos, a papila ileal permite a passagem de material para o intestino grosso.

O controle hormonal e o controle nervoso central regulam a atividade secretora do intestino delgado e das glândulas acessórias. As secreções do intestino delgado são chamadas coletivamente de **suco entérico (intestinal)**. Atividades secretoras são deflagradas por reflexos locais e estimulação parassimpática (vagal). A estimulação simpática inibe a secreção. Células enteroendócrinas do duodeno produzem secretina e colecistoquinina, hormônios que coordenam as atividades secretoras do estômago, duodeno, fígado e pâncreas.

REVISÃO DOS CONCEITOS

1. Quais são as características histológicas do intestino delgado que facilitam a digestão e a absorção de nutrientes?
2. Qual é a função das pregas circulares intestinais?
3. Quais são as funções das glândulas (criptas) intestinais?
4. Quais são as partes do intestino delgado que atuam para misturar o material digerido?

Veja a seção de Respostas na parte final do livro.

O intestino grosso

[Figuras 25.1/25.12/25.14/25.17]

O **intestino grosso**, em formato de ferradura, inicia-se junto à parte terminal do íleo e estende-se até o ânus. O intestino grosso localiza-se inferiormente ao estômago e ao fígado, e circunda quase completamente o intestino delgado (**Figuras 25.1**, pág. 657, **25.12**, pág. 671, e **25.14**).

O intestino grosso apresenta um comprimento médio de aproximadamente 1,5 m e uma largura média de 7,5 cm. Pode ser subdividido em três partes: (1) o *ceco*, a primeira parte do intestino grosso, semelhante a uma bolsa de fundo cego; (2) o *colo*, a maior porção do intestino grosso; e (3) o *reto*, os últimos 15 cm do intestino grosso e a parte terminal do trato digestório* (**Figura 25.17**).

As principais funções do intestino grosso são (1) a *absorção de água e eletrólitos*, e a *compactação* do conteúdo intestinal em fezes; (2) a *absorção de importantes vitaminas* produzidas por ação bacteriana; e (3) o *armazenamento de material fecal* antes da defecação.

O intestino grosso recebe suprimento sangüíneo de ramos das *artérias mesentéricas superior* e *inferior*. A drenagem do sangue venoso do intestino grosso é realizada pelas *veias mesentéricas superior e inferior*. págs. 589, 600

O ceco [Figura 25.17]

Ao deixar o íleo, o material invade primeiramente uma bolsa expandida em fundo cego denominada **ceco**. O íleo está ligado à superfície medial do ceco e se abre na sua cavidade por meio do óstio ileal na **papila ileal**. Os músculos que circundam esta abertura constituem a "**valva ileocecal**"** (**Figura 25.17**), que regula a passagem de materiais para o intestino grosso. O ceco, peritonizado, recebe e armazena materiais, iniciando o processo de compactação. O **apêndice vermiforme**, oco e delgado, encontra-se conectado à superfície póstero-medial do ceco. O apêndice vermiforme mede aproximadamente 9 cm de comprimento, porém apresenta uma grande variabilidade em termos de formato e tamanho. Uma faixa de peritônio, o **mesoapêndice**, liga o apêndice ao íleo e ao ceco. A túnica mucosa e a tela submucosa do apêndice vermiforme apresentam nódulos linfáticos em abundância, e sua função primordial, como um órgão do sistema linfático, é comparável à função das tonsilas. A inflamação do apêndice produz os sintomas de *apendicite*.

O colo [Figura 25.17]

O **colo** caracteriza-se por apresentar um diâmetro maior e uma parede mais delgada do que o intestino delgado. Consulte a **Figura 25.17** conforme são descritas algumas características específicas do colo:

1. A parede do colo forma uma série de bolsas ou abaulamentos, denominados **saculações do colo** (haustros), que permitem considerável distensão e alongamento. Ao se seccionar o colo longitudinalmente, expondo sua cavidade, observam-se pregas no revestimento mucoso, que se formam entre as saculações, denominadas **pregas semilunares do colo**.
2. Três fitas longitudinais individuais de músculo liso, as **tênias do colo**, são visíveis na superfície externa do colo, subjacentes à túnica serosa.
3. A túnica serosa do colo contém numerosas vesículas lipídicas, em formato de gota, denominadas **apêndices omentais (adiposos) do colo** (**Figura 25.17a**).

As regiões do colo [Figuras 25.17a/25.18]

O colo é subdividido em quatro regiões: o *colo ascendente*, o *colo transverso*, o *colo descendente* e o *colo sigmóide* (**Figura 25.17a**). As regiões do colo podem ser vistas claramente na radiografia da **Figura 25.18**.

O colo ascendente [Figuras 25.4c,d/25.17a] O **colo ascendente** inicia-se na margem superior do ceco e perfaz trajeto ascendente ao longo da região lateral direita, junto à parede posterior do abdome, e segue até a superfície inferior (face visceral) do fígado. Neste ponto, o colo descreve

* N. de R.T. Em realidade, a última parte do intestino grosso é o **canal anal**, que é a continuação do reto, porém com características próprias.

** N. de R.T. Veja N. de R.T. na página 674.

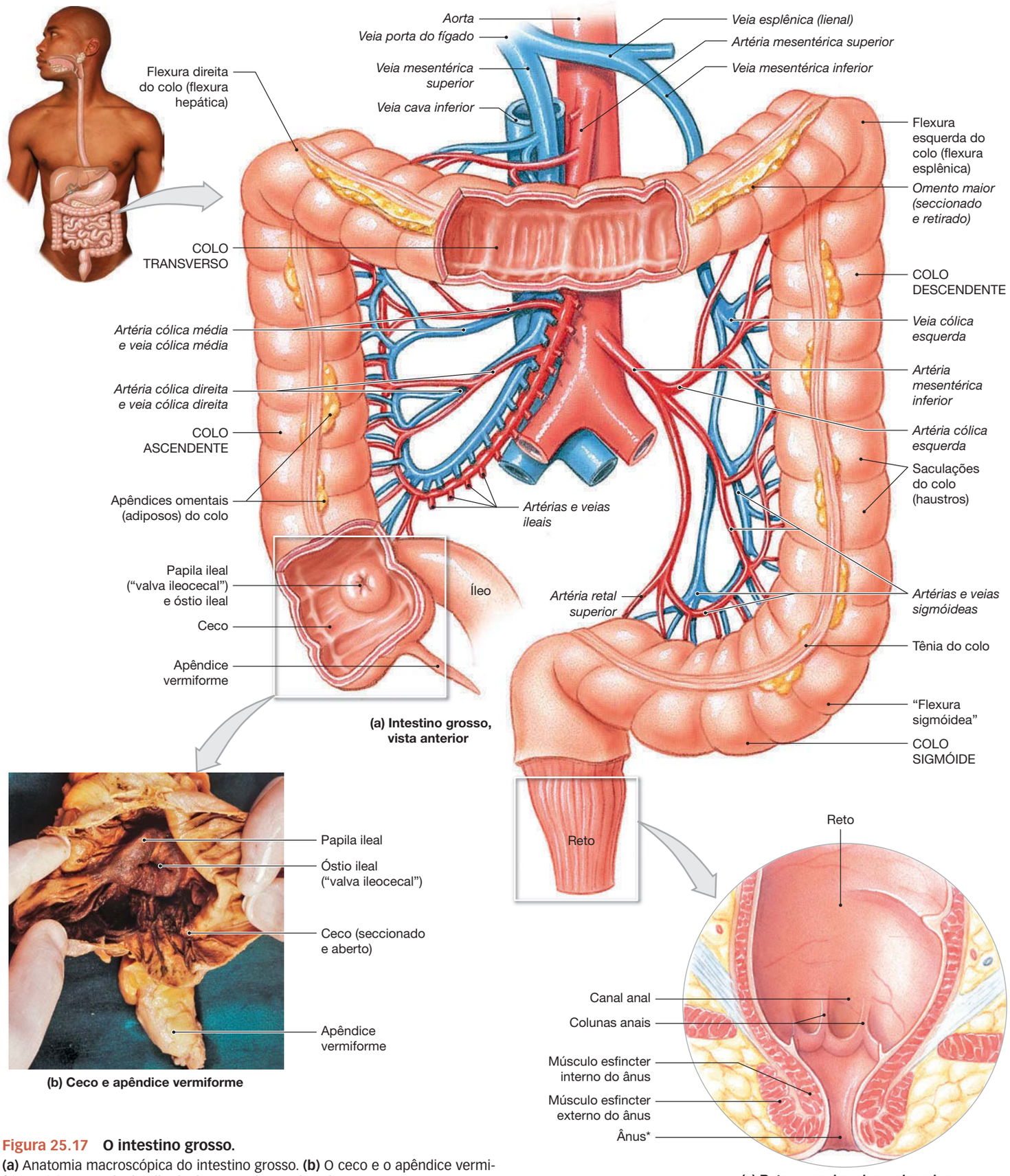


Figura 25.17 O intestino grosso.
(a) Anatomia macroscópica do intestino grosso. **(b)** O ceco e o apêndice vermiforme. **(c)** Anatomia detalhada do reto e do canal anal.

* N. de R.T. A linha está indicando a parte ectodérmica do canal anal e não propriamente o ânus, que corresponde à abertura do canal anal no meio externo.

uma curva para a esquerda, a **flexura direita do colo** (*flexura hepática*). A flexura direita do colo marca a terminação do colo ascendente e o início do *colo transverso*. O colo ascendente é secundariamente retroperitoneal; suas superfícies lateral e anterior são recobertas por peritônio visceral (**Figuras 25.4c,d**, pág. 661 e **25.17a**).

O colo transverso No nível da flexura direita do colo, o **colo transverso** curva-se anteriormente e cruza o abdome do lado direito para o lado esquerdo. Conforme o colo transverso cruza a cavidade abdominal, sua relação peritoneal se modifica. O segmento inicial é peritonizado, sustentado pelo *mesocolo transverso* e separado da parede abdominal anterior pelas lâminas do omento maior. Conforme o colo transverso atinge o lado esquerdo, passa inferiormente à curvatura maior do estômago e torna-se secundariamente retroperitoneal.

O **ligamento gastrocólico** fixa o colo transverso à curvatura maior do estômago. Nas proximidades do baço, o colo transverso descreve uma curva em ângulo reto, denominada **flexura esquerda do colo** (*flexura esplênica*), para então prosseguir no sentido inferior como colo descendente.

O colo descendente O **colo descendente** continua-se inferiormente ao longo do lado esquerdo do abdome. Por ser secundariamente retroperitoneal, esta parte do colo é firmemente fixa à parede abdominal posterior. Na fossa ilíaca esquerda, o colo descendente continua-se com um segmento em forma de S, o *colo sigmóide*.

O colo sigmóide [Figuras 25.4/25.17a] O **colo sigmóide** (*sigma*, a letra grega correspondente ao S) é o segmento em formato de S do intestino grosso, medindo apenas cerca de 15 cm de comprimento. Inicia-se na "**flexura sigmóidea**" e estende-se até o *reto* (**Figura 25.17a**). O colo sigmóide é peritonizado, e no seu trajeto curvo, passando posteriormente à bexiga urinária, é sustentado pelo *mesocolo sigmóide* (**Figura 25.4**, pág. 661).

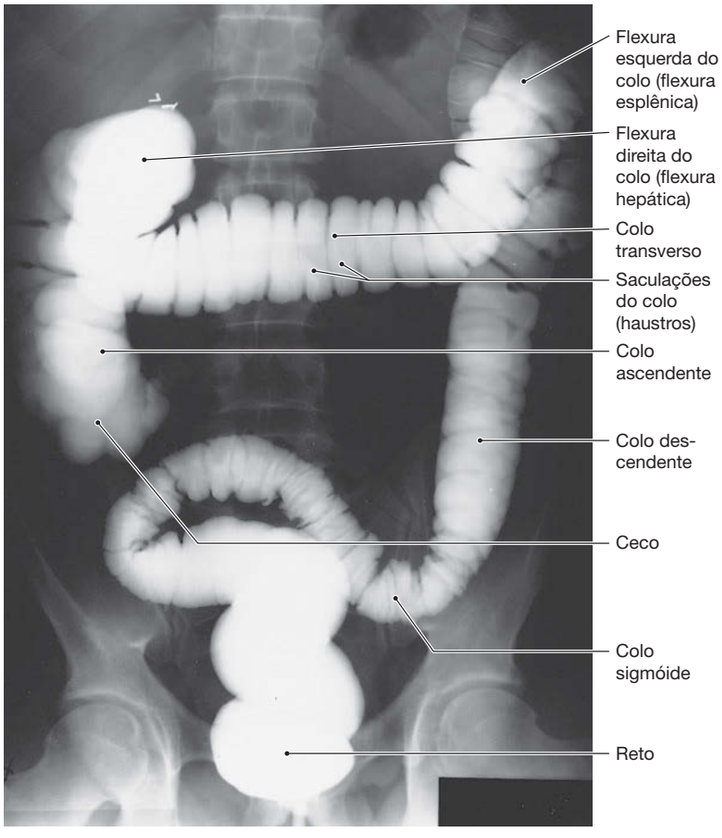


Figura 25.18 **Radiografia ântero-posterior do colo.**

O reto [Figuras 25.12/25.17a,c/25.18]

O colo sigmóide conduz as fezes ao *reto*. O **reto** é um segmento secundariamente retroperitoneal que constitui os últimos 15 cm do trato digestório (**Figuras 25.12**, pág. 671, **25.17a,c** e **25.18**). É um órgão expansível para o armazenamento temporário de fezes; o movimento das fezes no reto deflagra a necessidade da defecação.

A última parte do reto, o **canal anal***, contém pequenas pregas longitudinais, as **colunas anais**. As margens distais das colunas anais são unidas por pregas transversas que demarcam os limites entre o epitélio colular da região proximal do reto e o epitélio escamoso estratificado, semelhante àquele encontrado na cavidade oral. O canal anal termina no **ânus**. Na região contígua ao ânus, a epiderme torna-se queratinizada e idêntica à da superfície da pele.

Veias na lâmina própria e na tela submucosa do canal anal ocasionalmente tornam-se distendidas, produzindo a condição conhecida como *hemorróida*. A camada circular da túnica muscular nesta região constitui o **músculo esfincter interno do ânus**. As fibras musculares lisas do músculo esfincter interno do ânus não respondem a controle voluntário. O **músculo esfincter externo do ânus** circunda a porção distal do canal anal. Esse esfincter, que consiste em um anel de fibras musculares estriadas esqueléticas, obedece a controle voluntário.

Histologia do intestino grosso [Figuras 23.8a/25.19]

As características histológicas que diferenciam o intestino grosso em relação ao intestino delgado são estas:

- A parede do intestino grosso é relativamente delgada. Embora o diâmetro do colo seja aproximadamente três vezes maior do que o do intestino delgado, a sua parede é muito mais fina.
- O intestino grosso não apresenta vilosidades intestinais, que são características do intestino delgado.
- Células caliciformes apresentam-se em número muito superior em relação ao intestino delgado.
- O intestino grosso apresenta glândulas (criptas) intestinais específicas (**Figura 25.19**). As glândulas do intestino grosso são mais profundas do que as do intestino delgado e são dominadas por células caliciformes. A secreção ocorre conforme estímulos locais deflagram reflexos que envolvem os plexos nervosos locais, resultando na produção de grandes quantidades de muco para promover a lubrificação durante a compactação de resíduos não-digeridos.
- Grandes nódulos linfáticos encontram-se esparsos na lâmina própria e estendem-se para o interior da tela submucosa (**Figura 23.8a**) pág. 616
- A túnica muscular difere daquela de outras regiões do intestino, pois a camada longitudinal apresenta-se reduzida às fitas musculares das tênias do colo. Contudo, suas contrações propulsivas e de mistura assemelham-se àquelas do intestino delgado.

Regulação do intestino grosso

A movimentação de materiais ingeridos, desde o ceco até o colo transverso, ocorre muito lentamente. Ela envolve tanto a atividade peristáltica quanto os *movimentos de mistura* pelas saculações do colo, os movimentos de segmentação do intestino grosso. A passagem lenta dos materiais ao

* N. de R.T. Geralmente, os anatomistas consideram o canal anal como a última parte do intestino grosso, independente do reto. O canal anal atravessa o diafragma da pelve e abre-se no meio externo através do ânus. Apresenta duas partes que são embriológica e histologicamente distintas: endodérmica, superior, e ectodérmica, inferior.

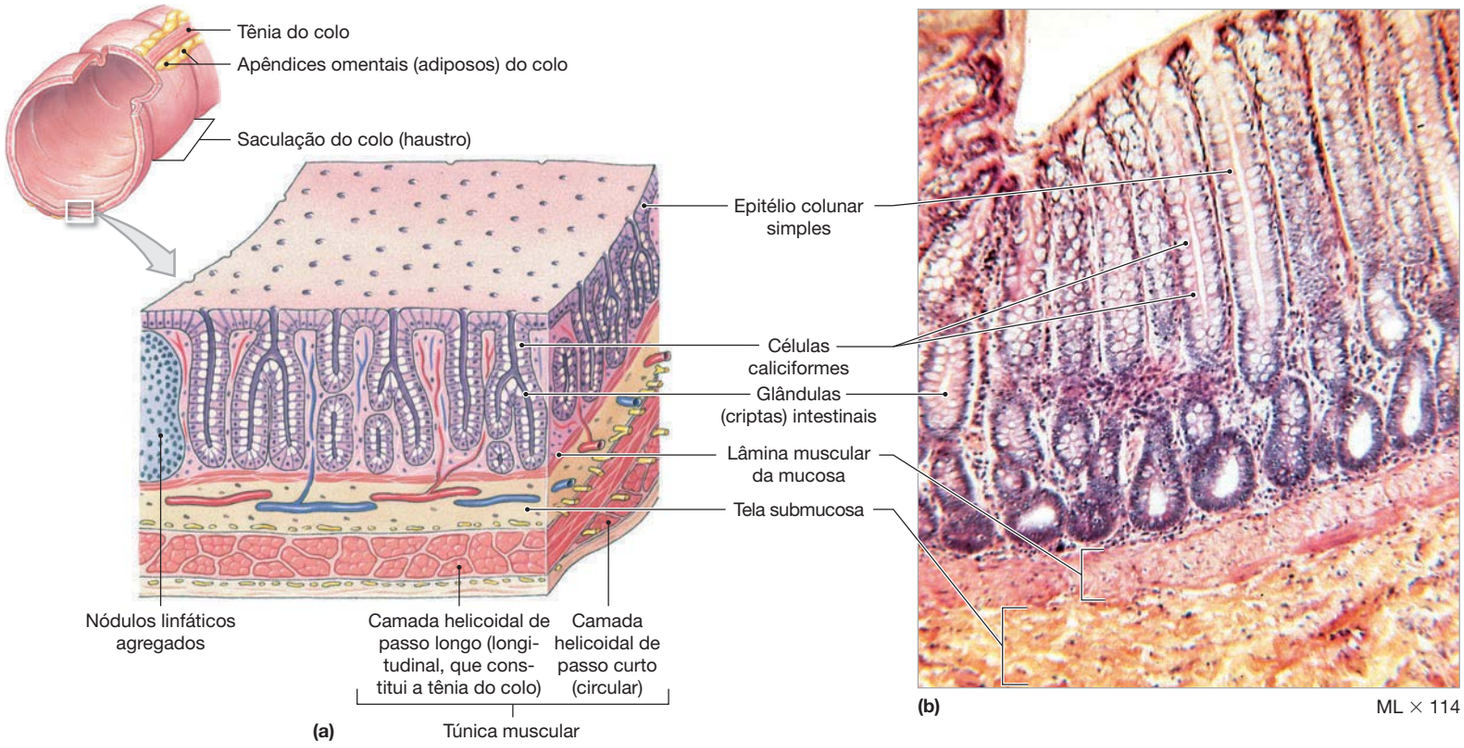


Figura 25.19 A parede do intestino grosso.
(a) Vista tridimensional e colonoscópica da parede do colo. **(b)** Histologia do colo, mostrando detalhes da túnica mucosa e da tela submucosa.

longo do intestino grosso fornece tempo suficiente para a transformação do material fecal em uma pasta lubrificada. Os movimentos que ocorrem desde o colo transverso até o restante do intestino grosso resultam de poderosas contrações peristálticas, denominadas **movimentos de massa**, que ocorrem algumas vezes por dia. O estímulo é a distensão do estômago e do duodeno, e os comandos dependem dos plexos nervosos intestinais. As contrações impelem o material fecal em direção ao reto e produzem a sensação consciente da necessidade da defecação.

A cavidade do reto encontra-se geralmente vazia, exceto quando um desses poderosos movimentos de massa pressiona as fezes contidas no colo sigmóide em direção ao reto. A distensão das paredes do reto gera a consciência da necessidade da defecação. Isso também leva ao relaxamento do músculo esfincter interno do ânus por meio do *reflexo da defecação*, e as fezes são conduzidas para o interior do canal anal. pág. 466 Quando o músculo esfincter externo do ânus é relaxado voluntariamente, a defecação pode ocorrer.

Órgãos digestórios glandulares acessórios (anexos)

Os órgãos glandulares acessórios do trato digestório são as *glândulas salivares*, o *fígado*, a *vesícula biliar* e o *pâncreas*. Os órgãos glandulares produzem e armazenam enzimas e soluções-tampão, essenciais para a função digestiva normal. Além das suas funções digestivas, as glândulas salivares, o fígado e o pâncreas apresentam funções exócrinas*. O fígado e o pâncreas apresentam outras funções vitais além daquelas envolvidas no processo da digestão.

* N. de R.T. As secreções digestivas destas glândulas são exócrinas.

O fígado [Figura 25.12 e Tabela 25.1]

O **fígado** é a maior das vísceras e um dos órgãos mais versáteis do corpo. A maior parte da sua massa localiza-se dentro das regiões do hipocôndrio direito e epigástrio (**Figura 25.12**, pág. 671). O fígado pesa em torno de 1,5 kg. Este órgão grande, firme e de coloração marrom-avermelhada desempenha funções de síntese e funções metabólicas essenciais que podem ser classificadas em três categorias básicas: *regulação metabólica*, *regulação hematológica* e *produção de bile*.

- **Regulação metabólica:** O fígado representa o centro de depuração da regulação metabólica do corpo. Níveis de carboidratos, lipídeos e aminoácidos circulantes são regulados pelo fígado. Todo sangue que deixa as superfícies de absorção do trato digestório entra no sistema porta-hepático e flui para o fígado. Esta disposição faz com que as células do fígado extraiam nutrientes absorvidos ou toxinas do sangue antes que eles atinjam a circulação sistêmica através das veias hepáticas. Células do fígado, ou *hepatócitos*, monitoram e ajustam os níveis de metabólitos circulantes conforme a necessidade do organismo. Nutrientes em excesso são removidos e armazenados, e deficiências são corrigidas por meio da mobilização de reservas armazenadas ou da realização de atividades de síntese apropriadas. Toxinas circulantes e produtos residuais do metabolismo também são removidos para subseqüente inativação, armazenamento ou excreção. Finalmente, vitaminas lipossolúveis (A, D, K e E) são absorvidas e armazenadas no fígado.
- **Regulação hematológica:** O fígado é o maior reservatório sangüíneo do corpo e recebe cerca de 25% do débito cardíaco. Conforme o sangue passa através dos vasos sinusóides hepáticos, (1) células fagocitárias no fígado removem glóbulos vermelhos danificados ou "velhos", fragmentos celulares e patógenos da circulação; e (2) células do fígado sintetizam proteínas plasmáticas que

contribuem para a concentração osmótica do sangue, o transporte de nutrientes e o estabelecimento da coagulação e sistemas complementares.

- **Síntese e secreção de bile:** A **bile** é sintetizada por células hepáticas, armazenada na vesícula biliar e excretada na cavidade do duodeno. A bile é essencialmente composta de água, com pouca quantidade de íons, *bilirrubina* (um pigmento derivado da hemoglobina), além de uma variedade de lipídeos, coletivamente chamados de *sais biliares*. A água e os íons contribuem para a diluição e o tamponamento (ou neutralização) de ácidos no quimo, conforme ele avança para o intestino delgado. Sais biliares associam-se a lipídeos no quimo, viabilizando a ação de enzimas para a quebra desses lipídeos em ácidos graxos de fácil absorção.

Atualmente, mais de 200 funções diferentes foram atribuídas ao fígado. Uma listagem parcial dessas funções é apresentada na Tabela 25.1. Qualquer patologia ou alteração que danifique gravemente o fígado representa uma ameaça à vida. O fígado apresenta capacidade regenerativa limitada após lesão, mas a função hepática não se recupera totalmente a menos que o suprimento vascular normal seja restabelecido.

Anatomia do fígado [Figura 25.20a,b,c,d,f]

O fígado é o maior órgão peritonizado. Subjacente ao peritônio visceral encontra-se uma resistente cápsula fibrosa. Na superfície anterior, um derivado do mesentério ventral primitivo, o **ligamento falciforme**, marca a divisão entre os **lobos hepáticos direito** e **esquerdo** (Figura 25.20a-c). Um espessamento na margem inferior do ligamento falciforme constitui o **ligamento redondo do fígado**, um cordão fibroso que representa a veia umbilical fetal degenerada e oclusa. O fígado é sustentado a partir da superfície inferior do diafragma pelo **ligamento coronário**.

O formato do fígado se ajusta à disposição das estruturas ao seu redor. A **superfície súpero-anterior** do fígado acompanha a suave curvatura da parede do corpo (Figura 25.20c). A **superfície ínfero-posterior** apresenta as impressões do estômago, intestino delgado, rim direito e intestino grosso (Figura 25.20d). As superfícies superior, anterior e posterior do fígado constituem a *face diafragmática* por causa de sua relação com o diafragma. A superfície ínfero-posterior é denominada *face visceral*.

A descrição clássica do fígado apresenta quatro lobos (Figura 25.20d). A impressão esquerda determinada pela veia cava inferior marca a divisão entre o lobo direito e o pequeno **lobo caudado**. Inferiormente ao lobo caudado encontra-se o **lobo quadrado**, localizado entre o lobo hepático esquerdo e a vesícula biliar.

A descrição clássica dos quatro lobos foi baseada na topografia de superfície do fígado e, dessa forma, não atende às demandas da ciência médica moderna, especialmente no que se refere à área cirúrgica. Como resultado, um sistema mais abrangente para a descrição da estrutura do fígado foi desenvolvido. A nova terminologia é complexa, mas em essência subdivide os lobos hepáticos em segmentos baseados nas principais subdivisões da artéria hepática própria, veia porta do fígado e ductos hepáticos. A Figura 25.20f indica os limites aproximados entre os segmentos; os limites reais não podem ser determinados sem a dissecação do fígado.

O suprimento sangüíneo para o fígado [Figuras 22.17/22.26/25.17a/25.20d] A circulação para o fígado foi detalhada no Capítulo 22 e resumida nas Figuras 22.17 e 22.26. ∞ págs. 589, 600 Vasos sangüíneos aferentes e outras estruturas atingem o fígado fazendo trajeto no interior do tecido conectivo do omento menor. Eles então convergem na região conhecida como **porta do fígado**.

Dois vasos sangüíneos suprem o fígado: a **artéria hepática própria** e a **veia porta do fígado** (Figuras 25.17a e 25.20d). Aproximadamente um terço do fluxo sangüíneo hepático normal é suprido pela artéria hepática própria, e o restante é suprido pela veia porta do fígado. O sangue retorna à circulação sistêmica por meio das **veias hepáticas** que desembocam na veia cava inferior. O suprimento arterial fornece sangue oxigenado ao fígado, e a veia porta do fígado oferece nutrientes e outras substâncias químicas absorvidas a partir do intestino.

Organização histológica do fígado [Figura 25.21]

Cada lobo hepático é dividido por tecido conectivo em aproximadamente 100.000 **lóbulos hepáticos**, as unidades funcionais básicas deste órgão. A organização histológica e a estrutura de um lóbulo hepático típico são mostradas na Figura 25.21.

O lóbulo hepático [Figura 25.21] As células hepáticas, ou **hepatócitos**, em um lóbulo hepático formam uma série de placas ou colunas irregulares dispostas como os aros de uma roda (Figura 25.21a,c). As placas apresentam a espessura de uma única célula, e as superfícies expostas do hepatócito são recobertas por microvilosidades curtas. Vasos sinusóides hepáticos entre placas adjacentes esvaziam-se no interior de uma **veia central** (Figura 25.21b). As paredes fenestradas dos vasos sinusóides contêm grandes aberturas que permitem a passagem de substâncias para fora da circulação e em direção aos espaços que circundam os hepatócitos. Além das células endoteliais típicas, o revestimento dos vasos sinusóides inclui um grande número de **células de Kupffer**, também conhecidas como *células reticuloendoteliais estelares*. Essas células fagocitárias fazem parte do sistema monócito-macrófago e são capazes de fagocitar patógenos, fragmentos celulares e glóbulos vermelhos danificados. As células de Kupffer também fagocitam e retêm quaisquer metais pesados, como o estanho ou o mercúrio, que são absorvidos no trato digestório.

O sangue entra nos vasos sinusóides hepáticos a partir de pequenos ramos da veia porta do fígado e da artéria hepática própria. Um lóbulo típico tem aparência hexagonal quando observado em secção transversal (Figura 25.21a,b). Existem seis **tríades portais**, ou *áreas portais* (espaços-porta), uma em cada um dos seis vértices do lóbulo. Uma tríade portal (Figura 25.21c) contém três estruturas: (1) um ramo da veia porta do fígado, (2) um ramo da artéria hepática própria e (3) um pequeno ducto bilífero interlobular.

Ramos das artérias e veias conduzem sangue aos vasos sinusóides dos lóbulos adjacentes (Figura 25.21a). Conforme o sangue flui ao longo dos

TABELA 25.1 Principais funções do fígado

FUNÇÕES DIGESTIVAS E METABÓLICAS
Síntese de somatomedinas
Síntese e secreção de bile
Armazenamento de glicogênio e reservas lipídicas
Manutenção das concentrações normais de glicose, aminoácidos e ácidos graxos no sangue
Síntese e interconversões de tipos de nutrientes (p. ex., transaminação de aminoácidos, ou conversão de carboidratos em lipídeos)
Síntese e liberação de colesterol ligado ao transporte de proteínas
Inativação de toxinas
Armazenamento de reservas de ferro
Armazenamento de vitaminas lipossolúveis
OUTRAS FUNÇÕES PRINCIPAIS
Síntese de proteínas plasmáticas
Síntese de fatores de coagulação
Síntese do hormônio angiotensinogênio inativo
Fagocitose de glóbulos vermelhos danificados (por células de Kupffer)
Armazenamento de sangue (principal contribuinte para a reserva venosa)
Absorção e quebra de hormônios circulantes (incluindo insulina e epinefrina) e imunoglobulinas
Absorção e inativação de drogas lipossolúveis

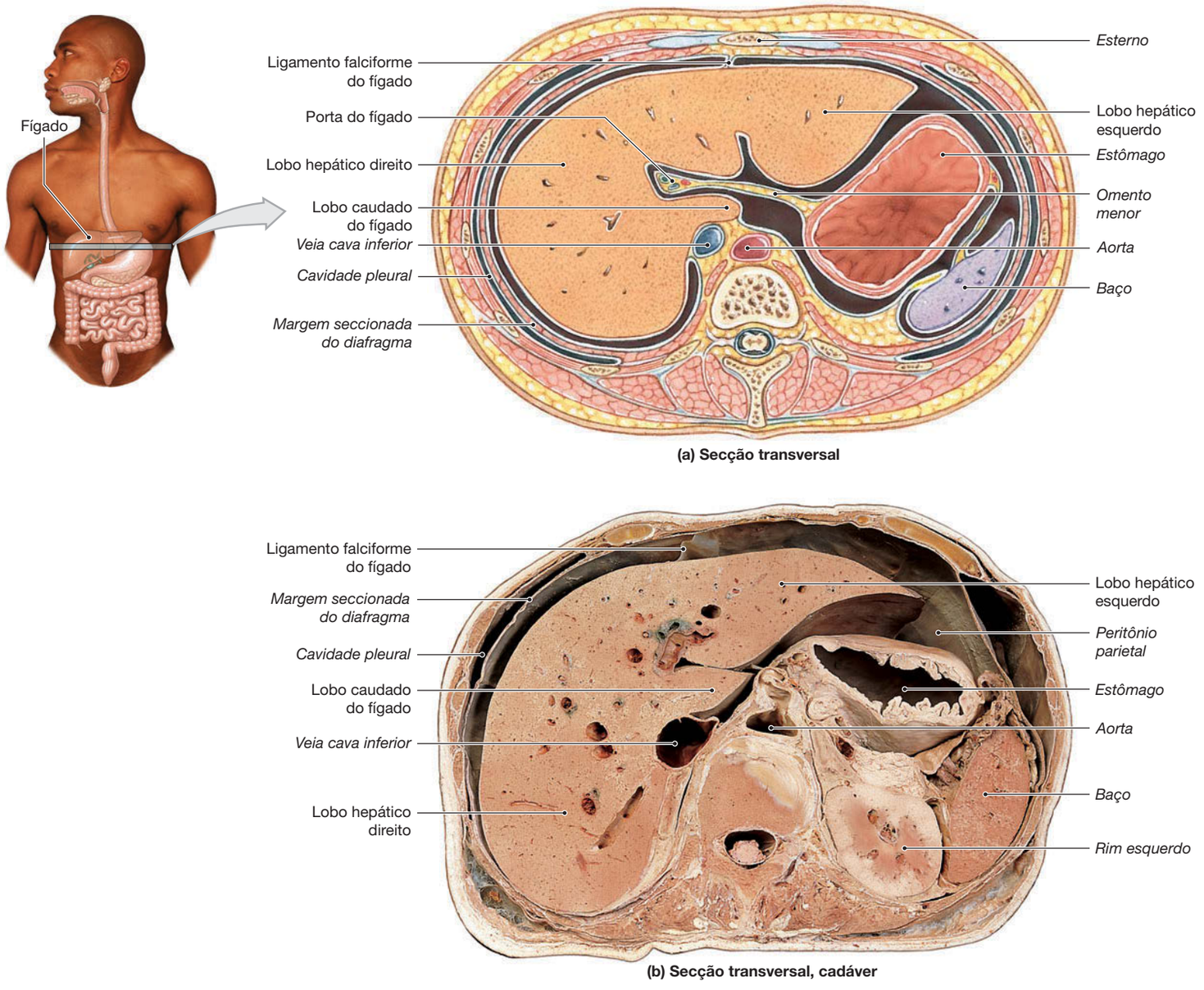


Figura 25.20 Anatomia do fígado.
(a) Secção transversal no nível da região superior do abdome, mostrando a posição do fígado em relação a outras vísceras. **(b)** Secção transversal no nível da região superior do abdome de um cadáver, mostrando estruturas ilustradas na parte (a). **(c)** Pontos de referência anatômica na superfície anterior do fígado. **(d)** A superfície ínfero-posterior do fígado. **(e)** Peça de fígado preparado por corrosão, mostrando a vesícula biliar, os ductos bilíferos e os vasos sangüíneos associados, conforme vistos pela superfície ínfero-posterior. **(f)** Limites aproximados entre os principais segmentos hepáticos.

vasos sinusóides, os hepatócitos absorvem e secretam materiais na corrente sangüínea através das suas superfícies expostas. O sangue deixa os vasos sinusóides e atinge a veia central do lóbulo. As veias centrais, finalmente, convergem e unem-se para formar as veias hepáticas que desembocam na veia cava inferior.

Secreção e transporte da bile [Figuras 25.21a/25.22] A bile é secretada no interior de uma rede de canais estreitos entre as membranas opostas de células hepáticas adjacentes. Estas pequenas vias de passagem, denominadas **canalículos bilíferos**, estendem-se para o exterior através do lóbulo hepático, distanciando-se da veia central. Os canalículos, ao longo de seu trajeto, conectam-se com os delicados **dúctulos bilíferos intralobulares**, que conduzem a bile ao ducto bilífero interlobular, na tríade portal mais próxima (Figura 25.21a). Os **ductos hepáticos direito** e **esquerdo** recebem a bile de todos os ductos bilíferos dos lobos hepáticos. Esses ductos unem-se para formar o **ducto hepático comum**, que sai do fígado. A bile no interior do ducto hepático comum pode tanto (1) fluir para o interior do *ducto colédoco*, que se esvazia no interior do duodeno, ou (2) entrar no *ducto cístico*, que atinge a vesícula biliar. Essas estruturas são apresentadas em ilustração e em imagem de radiografia na Figura 25.22.

A vesícula biliar [Figuras 25.16/25.22]

A **vesícula biliar** é um órgão muscular oco e piriforme. A vesícula biliar constitui-se como um saco muscular que armazena e concentra bile an-

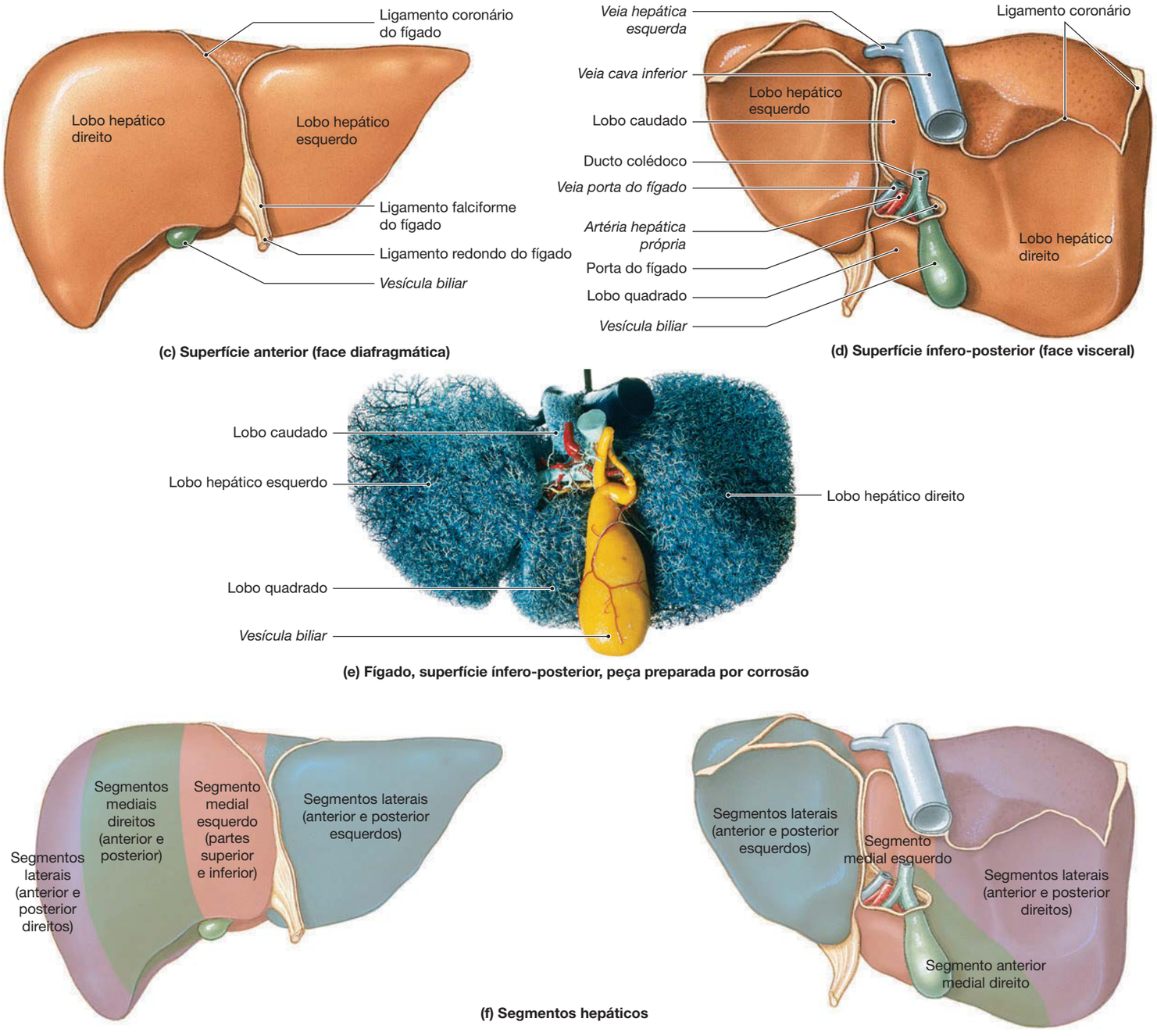


Figura 25.20 (*continuação*).

tes de sua excreção no intestino delgado. A vesícula biliar situa-se em um recesso, a fossa da vesícula biliar, na face visceral do lobo hepático direito. Como o fígado, a vesícula biliar é um órgão revestido pelo peritônio.

A vesícula biliar é dividida em três regiões: o **fundo**, o **corpo** e o **colo da vesícula biliar** (Figura 25.22a,c). O **ducto cístico** parte da vesícula biliar e faz trajeto em direção à porta do fígado, onde se une ao ducto hepático comum para formar o **ducto colédoco** (Figura 25.22a). No duodeno, o **músculo esfincter da ampola hepatopancreática** (ou *esfincter de Oddi*) circunda o ducto colédoco e a referida ampola (Figuras 25.16, pág. 676, e 25.22b). A ampola hepatopancreática abre-se no interior do duodeno, na papila do duodeno, uma pequena elevação da túnica mucosa. A contração desse músculo esfincter oclui a via de passagem e evita a entrada de bile na cavidade do intestino delgado.

A vesícula biliar apresenta duas funções principais, *armazenamento* e *modificação da bile*. Quando o músculo esfincter da ampola hepatopancreática está contraído, a bile entra no ducto cístico. Neste ínterim, enquanto a bile não pode fluir ao longo do ducto colédoco, ela penetra no ducto cístico para ser armazenada no interior da vesícula biliar, que é um órgão expansível. Ao atingir sua capacidade de preenchimento, a vesícula biliar contém de 40 a 70 mL de bile. Durante a permanência da bile na vesícula biliar, sua composição é modificada gradativamente. A água é absorvida e os sais biliares e outros componentes da bile tornam-se mais concentrados.

A ejeção da bile ocorre sob estimulação do hormônio *colecistoquinina*, ou CCK (CCQ). A colecistoquinina é liberada pela circulação sangüínea no duodeno, com a chegada do quimo contendo grandes quantidades de lipídeos e proteínas parcialmente digeridas. A CCK (CCQ) produz o

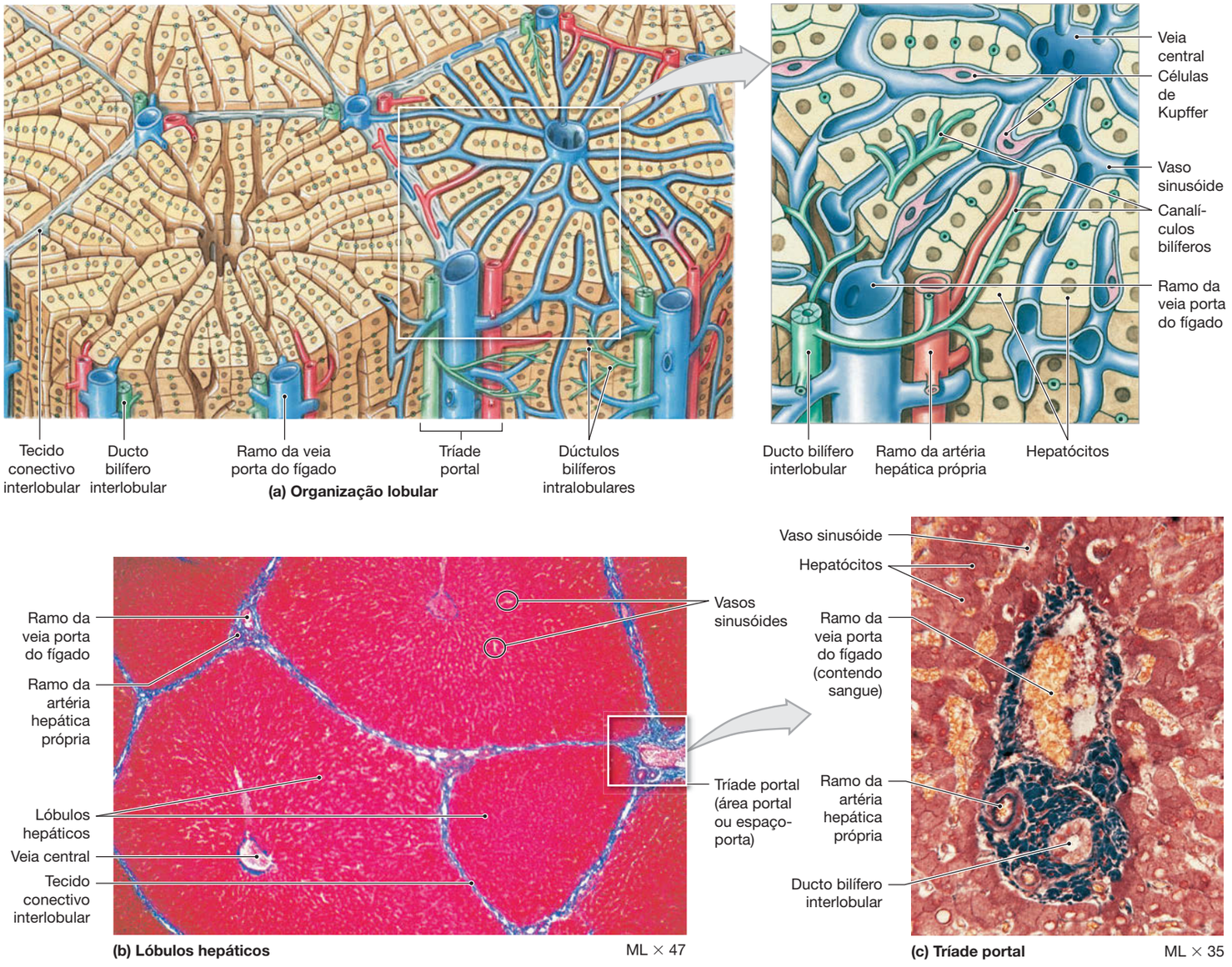


Figura 25.21 Histologia do fígado.
(a) Vista diagramática da organização lobular. **(b)** Micrografia de luz mostrando lóbulos hepáticos típicos de mamíferos. Lóbulos hepáticos humanos não apresentam limites distintos de tecido conectivo, dificultando a sua distinção em secções histológicas. **(c)** Micrografia de luz mostrando detalhe histológico de tríade portal (área portal ou espaço-porta).

relaxamento do músculo esfíncter da ampola hepatopancreática e a contração da vesícula biliar.

O pâncreas [Figuras 22.26/23.17a/25.22a/25.23]

O **pâncreas** situa-se posteriormente ao estômago, estendendo-se lateralmente a partir do duodeno e em direção ao baço (Figuras 25.22a/25.23 e 23.17a) pág. 624 O pâncreas é um órgão alongado, de coloração rósea-acinzentada, com aproximadamente 15 cm de comprimento e 80 g de massa. A larga **cabeça do pâncreas** encaixa-se na alça formada pelo duodeno, conforme este se distancia do piloro. O delgado **corpo do pâncreas** estende-se transversalmente em direção ao baço, e a **cauda do pâncreas** é curta e romba. O pâncreas é secundariamente retroperitoneal e está firmemente fixo na parede posterior da cavidade abdominal.

A superfície do pâncreas apresenta uma textura nodular irregular. Uma cápsula delgada e transparente de tecido conectivo envolve o pâncreas. Os lóbulos pancreáticos, associados aos vasos sangüíneos e ductos excretores, podem ser visualizados através da cápsula e da camada sobreposta de peritônio.

O pâncreas é essencialmente um órgão exócrino produtor de enzimas digestivas e soluções-tampão, apesar de também desempenhar função endócrina, conforme discutido no Capítulo 19. pág. 518 O grande **ducto pancreático** (*ducto de Wirsung*) conduz estas secreções digestivas à ampola hepatopancreática. Um pequeno **ducto pancreático acessório** (*ducto de Santorini)* pode ramificar-se a partir do ducto pancreático antes de deixar o pâncreas (Figura 25.23a). Quando presente, o ducto pancreático acessório tipicamente esvazia-se no duodeno, em uma papila individual, a *papila menor do duodeno*. Essa papila situa-se a uma distância de alguns centímetros, superiormente à papila maior do duodeno.

Sangue arterial é conduzido ao pâncreas pelos ramos das *artérias esplênica (lienal)*, *mesentérica superior* e *hepática comum* (Figuras 22.17 e 25.23a) pág. 589 As **artérias pancreáticas** e **pancreaticoduodenais (superior** e **inferior**) são os maiores ramos destes vasos. A *veia esplênica* e seus ramos drenam o pâncreas (Figura 22.26) pág. 600

Organização histológica do pâncreas [Figura 25.23b,c]

Septos de tecido conectivo dividem o tecido pancreático em lóbulos distintos (Figura 25.23b,c). Os vasos sangüíneos e ramos tributários dos ductos pancreáticos são encontrados no interior desses septos de tecido conectivo. O pâncreas é um exemplo de glândula túbulo-acinar composta. pág. 60 No interior de cada lóbulo, os ductos ramificam-se repetidamente e terminam em bolsas de fundo cego, os **ácinos pancreáticos**. Cada ácino pancreático é revestido por um epitélio cubóide simples. *Ilhotas pancreáticas* encontram-se esparsas entre os ácinos, mas são responsáveis por apenas 1% aproximadamente da população celular do pâncreas.

Os ácinos pancreáticos secretam uma mistura de água, íons e enzimas digestivas pancreáticas para o duodeno. Esta secreção, denominada **suco pancreático**, contém enzimas pancreáticas. Essas enzimas desempenham a maior parte das funções digestivas no intestino delgado, quebrando materiais ingeridos em pequenas moléculas de fácil absorção. Os ductos pancreáticos secretam soluções-tampão (essencialmente bicarbonato de sódio) em uma solução aquosa. Estas secreções são importantes para a neutralização da acidez do quimo e para a estabilização do pH do conteúdo intestinal.

Enzimas pancreáticas

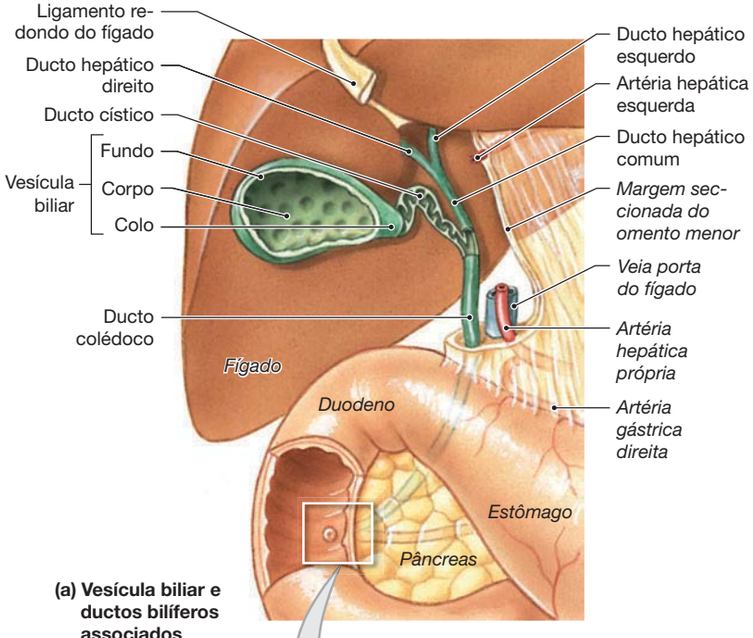
As enzimas pancreáticas são classificadas de acordo com seus alvos específicos. **Lipases** digerem lipídeos, **carboidrases**, como a *amilase pancreática*, digerem açúcares e amido, **nucleases** agem sobre ácidos nucléicos e **enzimas proteolíticas** quebram proteínas. Enzimas proteolíticas incluem as **proteinases** e as **peptidases**. As proteinases quebram grandes proteínas complexas,

Nota clínica

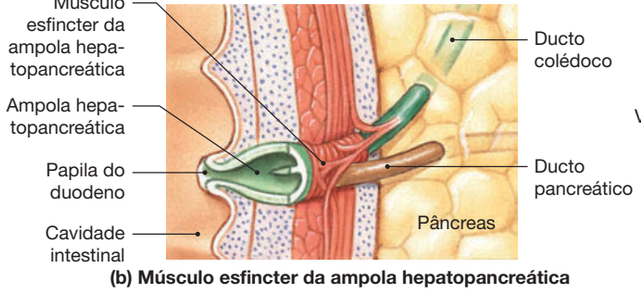
Problemas com o armazenamento e a secreção de bile Se a concentração da bile aumenta exageradamente, cristais de sais e minerais insolúveis começam a aparecer. Estes depósitos são denominados **cálculos biliares**. A presença desses cálculos é uma condição chamada de **colelitíase** (*chole*, bile). Quando pequenos cálculos conseguem passar pelo ducto colédoco e são excretados, a condição é assintomática.

Se um cálculo biliar penetra e obstrui a cavidade (luz) do ducto cístico ou do ducto colédoco, surgem os sintomas dolorosos da cólica biliar ou **colecistite aguda**. A vesícula biliar torna-se edemaciada e inflamada, podem desenvolver-se infecções e, caso não ocorra desbloqueio espontâneo com o retorno do fluxo conduzindo o cálculo ao longo do ducto colédoco e ao duodeno, é necessária a remoção do cálculo. Pequenos cálculos da vesícula biliar podem ser quimicamente dissolvidos por uma substância denominada metil ter-butil éter (MTBE). Quando introduzido no interior da vesícula biliar, o MTBE dissolve o cálculo em questão de horas. Infelizmente, a recorrência dos cálculos de vesícula biliar é freqüente. A saúde e a digestão em um indivíduo parecem permanecer inalteradas com a eventual remoção da vesícula biliar. Assim, sugere-se que mesmo indivíduos assintomáticos que apresentam cálculos na vesícula biliar sejam submetidos à cirurgia para remoção do órgão. Geralmente é necessária a realização de cirurgia para remover cálculos grandes, e a vesícula biliar também é removida para evitar recorrências. O procedimento cirúrgico pode ser realizado por meio de um laparoscópio introduzido através de algumas pequenas incisões.

Outro tratamento para a colecistite envolve a colocação do paciente imerso em água morna ou sobre um anteparo macio, como um travesseiro, e a destruição por estilhaçamento dos cálculos com focos de ondas sonoras. O aparelho utilizado é denominado *litotriturador*. As pequenas partículas produzidas podem então passar pelo ducto colédoco sem maiores dificuldades.

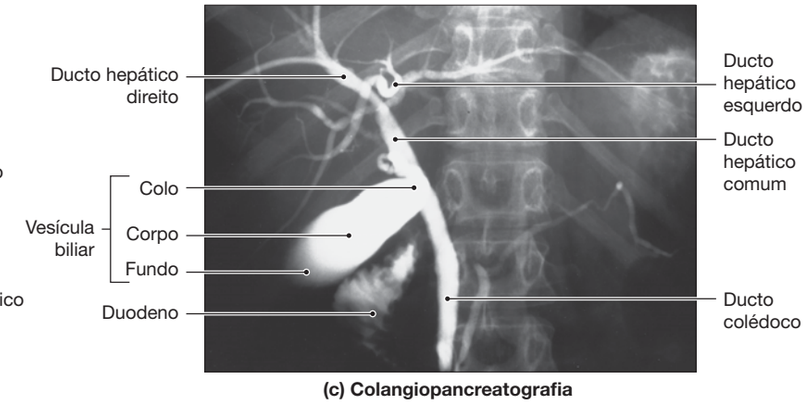


(a) Vesícula biliar e ductos bilíferos associados



(b) Músculo esfincter da ampola hepatopancreática

Figura 25.22 A vesícula biliar e os ductos bilíferos associados.
(a) Vista da superfície inferior do fígado, mostrando a posição da vesícula biliar e dos ductos que transportam bile desde o fígado até a vesícula biliar e o duodeno. **(b)** Parte do omento menor foi seccionada e removida para facilitar a visualização das relações entre o ducto colédoco, o ducto hepático comum e o ducto cístico. **(c)** Uma radiografia (colangiopancreatografia, vista ântero-posterior) da vesícula biliar e dos ductos bilíferos associados.



(c) Colangiopancreatografia

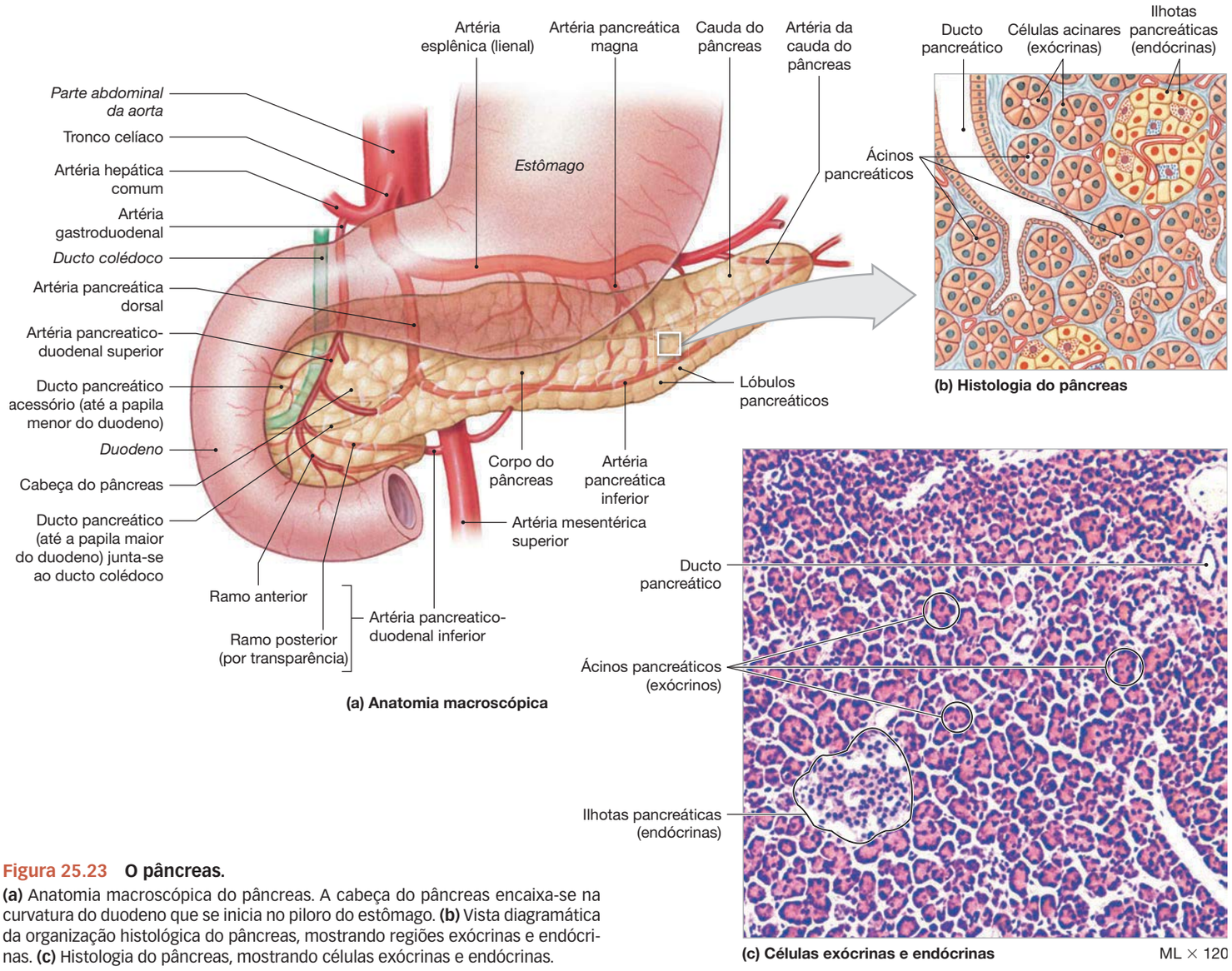


Figura 25.23 O pâncreas.
(a) Anatomia macroscópica do pâncreas. A cabeça do pâncreas encaixa-se na curvatura do duodeno que se inicia no piloro do estômago. **(b)** Vista diagramática da organização histológica do pâncreas, mostrando regiões exócrinas e endócrinas. **(c)** Histologia do pâncreas, mostrando células exócrinas e endócrinas.

enquanto as peptidases quebram pequenas cadeias peptídicas em aminoácidos individuais.

A regulação de secreções pancreáticas

A secreção de suco pancreático ocorre primordialmente em resposta à estimulação hormonal a partir do duodeno. Quando o quimo ácido atinge o intestino delgado, ocorre liberação da secretina. Este hormônio deflagra a produção de suco pancreático aquoso contendo soluções-tampão, especialmente bicarbonato de sódio. Outro hormônio do duodeno, a colecistoquinina, estimula a produção e a secreção de enzimas pancreáticas.

REVISÃO DOS CONCEITOS

1. Na fibrose cística, o ducto pancreático pode ser bloqueado por secreções espessas. Esta condição interferiria na digestão normal de que grupo(s) de nutrientes?
2. Quais são as três principais funções do fígado?
3. Qual é o efeito da contração do músculo esfincter da ampola hepatopancreática?
4. Quais são as funções do pâncreas?

Veja a seção de Respostas na parte final do livro.

Envelhecimento e sistema digestório

Em essência, indivíduos idosos apresentam atividade de digestão e absorção normais. Entretanto, algumas modificações no sistema digestório acompanham as modificações relacionadas ao envelhecimento já descritas para outros sistemas.

1. *A velocidade de divisão de células-tronco epiteliais diminui*: O epitélio do sistema digestório torna-se mais suscetível à lesão por abrasão mecânica, ácida ou causada por enzimas. Úlceras pépticas, portanto, tornam-se mais comuns. Células-tronco no epitélio dividem-se com menor freqüência e a reparação tecidual é menos eficiente. Na boca, no esôfago e no canal anal, o epitélio estratificado torna-se mais delgado e mais frágil.

2. *O tono da musculatura lisa diminui*: A motilidade geral diminui e as contrações peristálticas tornam-se mais fracas. Esta modificação torna mais lenta a movimentação do quimo e favorece a constipação intestinal. A flacidez das paredes das saculações do colo pode produzir sintomas de *diverticulite*. A força tensora para eliminar o material fecal compactado pode sobrecarregar paredes menos resilientes de alguns vasos sangüíneos, produzindo *hemorróidas*. O enfraquecimento do "esfincter cárdico" pode causar *refluxo gastresofágico* e episódios freqüentes de pirose (azia).
3. *Os efeitos de lesões cumulativas tornam-se aparentes*: Um exemplo conhecido é a perda gradual dos dentes em função de desgaste dental ou gengivite. Lesões cumulativas podem envolver também os órgãos internos. Toxinas, como o álcool, metais pesados e outras substâncias químicas de ação potencialmente prejudicial são absorvidas pelo trato digestório e transportadas ao fígado para processamento e armazenamento. As células hepáticas não são imunes a estes componentes e a exposição crônica pode levar à *cirrose* e outros tipos de doenças hepáticas.
4. *A incidência de câncer aumenta*: Cânceres são mais comuns em órgãos nos quais ocorre divisão contínua de células-tronco para a manutenção das populações de células epiteliais. pág. 78 A incidência de câncer de colo e de estômago aumenta na população de idosos; cânceres de boca e faringe são particularmente comuns na população de idosos fumantes.
5. *Modificações em outros sistemas exercem efeitos diretos ou indiretos sobre o sistema digestório*: Por exemplo, a redução da massa óssea e do conteúdo de cálcio no esqueleto está associada com a erosão dos alvéolos dentais e eventual perda dos dentes. O declínio das sensações olfatória e gustatória relacionadas ao envelhecimento pode causar modificações alimentares que podem, por sua vez, afetar o corpo como um todo.

Resumo de embriologia

Para um resumo do desenvolvimento do sistema digestório, consulte o Capítulo 28 (Embriologia e Desenvolvimento Humano).

Caso clínico

O SISTEMA DIGESTÓRIO

VISITA À CHINA

Bohdan é professor de microbiologia em uma pequena faculdade. Nos últimos 10 anos, desenvolveu um interesse pela China e por doenças infecciosas específicas deste país. Finalmente, após intenso planejamento e preenchimento dos requisitos necessários, Bohdan passará o seu ano sabático (licença-prêmio) em Pequim. Estudará doenças infecciosas no Beijing Youan Hospital, hospital famoso em toda a China por seu trabalho com doenças infecciosas endêmicas neste país. Esta será a primeira viagem dele para fora dos Estados Unidos; ele está muito entusiasmado, mas também preocupado com a alimentação. Bohdan tem um sistema digestório muito sensível e vem apresentando um quadro de diarréia crônica intermitente nos últimos dois meses. Além disso, quase todos os tipos de alimentos picantes provocam episódios prolongados de irritação intestinal. Antes da sua partida, vários amigos o têm acompanhado a alguns restaurantes chineses, com o intuito de "ambientar" o trato gastrintestinal (TGI) de Bohdan aos novos tipos de alimentos. Durante três semanas, ele tem experimentado vários pratos de dois restaurantes chineses locais, e o resultado sempre é diarréia e dor abdominal. Os pratos do Sichuan, restaurante conhecido por seu tempero picante, são especialmente problemáticos, gerando os piores episódios de irritação gastrintestinal. Bohdan decidiu fazer um pequeno estoque de alimentos em um supermercado local antes de partir para Pequim.

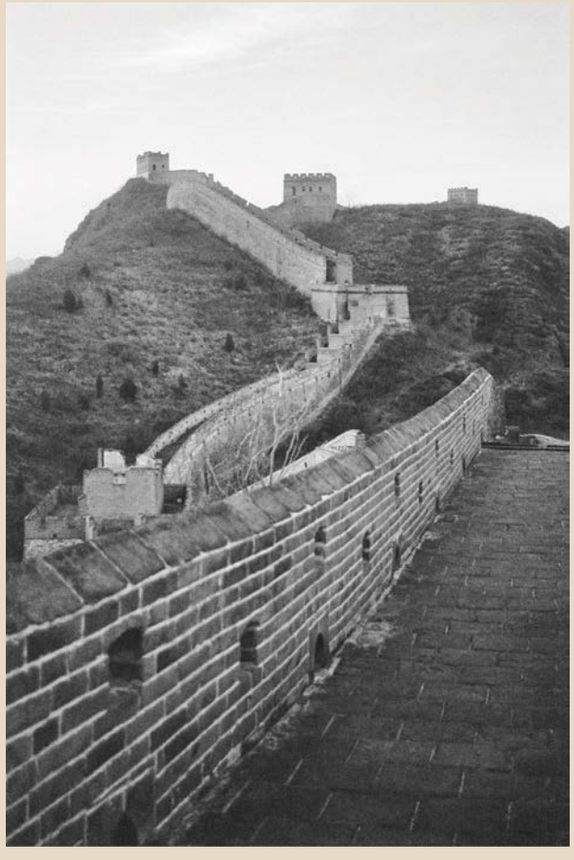
Ao chegar em Pequim, Bohdan surpreendeu-se com a sua boa adaptação à nova dieta. Os episódios intermitentes de diarréia não pioraram e ele parece capaz de manter a situação sob controle, contanto que inclua grandes quantidades de arroz, macarrão e bolos com fermento.

Após três semanas na China, Bohdan sente-se mais prostrado que o normal. Além disso, o problema dos episódios de diarréia tem ficado mais crônico. O coordenador da pesquisa na China, Dr. Xiaouyun Liu, sugeriu a Bohdan o aumento da ingestão de líquidos para evitar desidratação e também que ele se submeta a alguns testes no hospital.

Exame inicial

O Dr. Xiaouyun Liu realizou um exame físico completo, avaliou os testes laboratoriais e observou o seguinte:

- Leucocitose (13 x 10^3/mm^3).



- Contagem de plaquetas moderadamente elevada (450.000/mm^3).
- Volume corpuscular médio (VCM) baixo (75 f/L).
- Temperatura corporal de 37ºC (normal).
- Dor abdominal localizada na linha mediana, entre o processo xifóide e o umbigo. Não foi observada sensibilidade à palpação na mesma região.

Caso clínico (*continuação*)

O Dr. Liu suspeita que Bohdan esteja apresentando apendicite crônica ou síndrome do intestino irritável. Entretanto, ele solicitou exames de fezes para pesquisar a existência de patógenos bacterianos ou parasitários. O médico também solicitou pesquisa de sangue oculto nas fezes, por três dias. Bohdan foi informado de que, dependendo dos resultados, poderá ser submetido a uma colonoscopia e exames radiográficos nas consultas de acompanhamento.

Nos três ou quatro dias seguintes, após o exame inicial, a diarréia tornou-se praticamente constante. Além disso, as dores abdominais se intensificaram. Sua resistência continua diminuindo. Bohdan levou as amostras para pesquisa de sangue oculto nas fezes e foi submetido a novo exame de sangue, raio X de abdome e colonoscopia no hospital.

Exame de acompanhamento

O médico observou o seguinte:

- A dor abdominal persiste no mesmo local, porém apresenta-se mais intensa.
- A temperatura corporal permanece normal.
- Os exames de fezes não indicam presença de infecções bacterianas ou parasitoses, porém a pesquisa de sangue oculto nas fezes é positiva para vestígios de perda sangüínea intestinal.
- Os níveis sangüíneos pioram. O número de leucócitos e plaquetas continuam a aumentar, o VCM continua a cair e o hematócrito (38) está abaixo do limite de normalidade.
- A concentração de hemoglobina corpuscular média é baixa (25 g/dL).
- O raio X de abdome mostra espessamento segmentar das paredes do colo com obstrução incompleta do colo transverso; a colonoscopia evidencia inflamação das paredes do colo (**Figura 25.24**).

Pontos a considerar

Ocasionalmente, todos os sistemas do corpo apresentam sinais ou sintomas que permitem ao médico combinar os vários indícios, o que idealmente levará ao correto diagnóstico. Tanto os sintomas apresentados pelo paciente quanto a análise e a interpretação desses sintomas contribuem no trabalho de investigação da doença.

Para considerar o significado da informação apresentada neste caso, é necessário rever o material e as informações anatômicas apresentadas no Capítulo 25.

1. A cavidade abdominal é subdividida em diversas regiões delimitadas na superfície do corpo para facilitar o exame. Que regiões estão localizadas na linha mediana entre o processo xifóide e o umbigo?
2. Quais estruturas do sistema digestório são encontradas na linha mediana entre o processo xifóide e o umbigo?
3. O médico inicialmente suspeitou que o caso de Bohdan estivesse relacionado a apendicite em seus estágios iniciais. Em que região da cavidade abdominal se encontra o apêndice vermiforme?

Análise e interpretação

As informações a seguir respondem às questões levantadas na seção "Pontos a considerar". Para revisar este material, consulte as páginas dos capítulos indicadas pelo ícone.

1. O abdome é subdividido em nove regiões na superfície do corpo. O epigástrio e a região umbilical estão localizados junto à linha mediana, entre o processo xifóide e o umbigo. pág. 15
2. As seguintes estruturas do sistema digestório são encontradas no epigástrio e na região umbilical: fígado, esôfago, estômago, pâncreas, duodeno, jejuno e íleo, pág. 671.
3. O apêndice vermiforme situa-se na fossa ilíaca direita, no abdome, pág. 671.

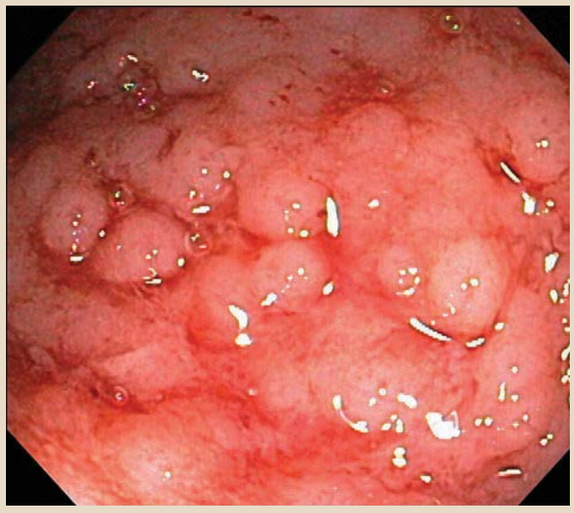


Figura 25.24 **Inflamação do colo, conforme visto pela colonoscopia.**

Diagnóstico

Com base nos sintomas e resultados laboratoriais, Bohdan apresenta uma forma de doença inflamatória intestinal (DII). A DII é uma condição de origem desconhecida. Acredita-se que seja uma doença auto-imune, na qual o indivíduo desenvolve reação imunológica ao seu próprio trato intestinal. Aproximadamente um milhão de indivíduos nos Estados Unidos apresentam DII. Internacionalmente, a DII é mais comum em indivíduos que vivem nas áreas urbanas de países desenvolvidos, em comparação com indivíduos que vivem em áreas rurais de regiões em desenvolvimento.

TERMOS DO CASO CLÍNICO

Anemia: Qualquer condição em que o número de glóbulos vermelhos por mm^3, o volume de glóbulos vermelhos condensados por 100 mL de sangue ou a quantidade de hemoglobina em 100 mL de sangue estejam reduzidos.

Crônico(a): Característica de uma doença prolongada ou de longo curso.

Diarréia: Evacuação mais freqüente que o normal, com fezes de consistência aquosa.

Doença auto-imune: Doença na qual o indivíduo desenvolve uma reação imunológica contra tecidos de seu próprio organismo. Neste tipo de doença, os tecidos do próprio indivíduo são atacados pelo sistema linfático, o que resulta em destruição e falência do tecido em questão.

Imosec®: Medicamento antidiarréico vendido sem necessidade de prescrição médica.

Leucocitose: Contagem de leucócitos aumentada.

Pesquisa de sangue oculto nas fezes: Exame de fezes que determina a presença de sangue "não-visível" ou "oculto" nas fezes.

Velocidade de sedimentação: Velocidade na qual os glóbulos vermelhos sedimentam-se no fundo do tubo de ensaio, em uma amostra de sangue anticoagulado. Velocidades de sedimentação aumentadas estão freqüentemente associadas com anemia ou doenças inflamatórias.

Caso clínico (*continuação*)

Além disso, a incidência de DII é maior na população que vive em locais de clima mais frio em comparação com as regiões de clima mais quente. As duas principais formas de DII são a colite ulcerativa e a doença de Crohn. Um indivíduo com colite ulcerativa desenvolve úlceras em um ou mais segmentos do colo (intestino grosso). A doença de Crohn acomete tipicamente apenas o segmento distal do íleo (intestino delgado). A forma de DII apresentada por Bohdan foi diagnosticada como sendo doença de Crohn.

Na doença de Crohn, o sistema linfático causa inflamação da lâmina própria. Isso faz com que macrófagos ataquem as camadas da parede intestinal, desde a túnica mucosa até a túnica serosa. Como resultado dessa inflamação crônica na doença de Crohn, as paredes intestinais tornam-se bastante espessadas, estreitando a cavidade do intestino.

As características gerais da doença de Crohn são febre, dor abdominal, diarréia e fadiga crônica. A perda de peso também é um sintoma comum. A inflamação do intestino delgado pode causar dor constante e localizada na região da fossa ilíaca direita. O exame físico pode revelar sensibilidade na região ilíaca direita e uma sensação de massa ou plenitude. Os pacientes também podem apresentar anemia leve, leucocitose e velocidade de sedimentação de eritrócitos aumentada.

A ocorrência de obstrução intestinal em áreas estreitadas do intestino é uma complicação freqüente. Na fase inicial, a obstrução gerada pelo edema e pela inflamação (geralmente no íleo) é reversível. Com a evolução da doença, pode haver desenvolvimento de fibrose, levando à diminuição da diarréia e aumentando a incidência de constipação e obstrução intestinal. ■

TERMOS CLÍNICOS

Acalasia: Bloqueio na região inferior do esôfago devido à peristalse fraca e disfunção do "esfincter esofágico inferior".

Caxumba: Infecção viral que acomete mais freqüentemente as glândulas salivares parótidas em crianças com idade entre 5 e 9 anos.

Cirrose: Doença causada pelo desenvolvimento de tecido cicatricial no fígado e seguida de destruição de hepatócitos em decorrência de exposição a drogas, infecção viral, isquemias ou outros fatores.

Colecistite: Doença dolorosa causada pelo bloqueio do ducto cístico ou do ducto colédoco por cálculos biliares.

Colelitíase: Presença de cálculos na vesícula biliar.

Colite: Irritação do colo, levando à disfunção intestinal.

Colostomia: Fixação e abertura do colo à parede abdominal, desviando o trajeto intestinal e eliminando a passagem do material fecal pela porção distal do intestino grosso.

Constipação: Defecação pouco freqüente, geralmente menos de três vezes por semana, de fezes pequenas, secas e endurecidas. A constipação ocorre quando o material fecal move-se muito lentamente pelo colo, ocorrendo reabsorção excessiva de água. Ingestão inadequada da quantidade necessária de fibras e água, além de ausência de atividade física, são causas comuns de constipação.

Diarréia: Defecação freqüente, com movimentação intestinal do conteúdo aquoso. Infecções do colo ou do intestino delgado causadas por bactérias, vírus ou protozoários podem causar episódios agudos de diarréia, persistindo por alguns dias.

Diverticulose: Uma doença na qual se observa a formação de bolsas (divertículos) na parede do colo, geralmente no colo sigmóide.

Doença periodontal: Doença progressiva resultante da erosão das fixações entre o colo dos dentes e a gengiva.

Enterite: Irritação do intestino delgado causada por toxinas e outros agentes irritativos; causa diarréia em função do aumento da peristalse no intestino delgado.

Esofagite: Inflamação do esôfago em função de abrasão por suco gástrico.

Gastrectomia: Remoção cirúrgica do estômago; possível tratamento para câncer de estômago.

Gastrenterite: Vômito e diarréia causados por estímulo irritativo extremamente forte.

Gastrite: Inflamação da túnica mucosa gástrica.

Gastroscópio: Instrumento de fibra óptica utilizado para visualizar o interior do estômago.

Pancreatite: Inflamação do pâncreas devido à obstrução do ducto pancreático provocada por infecções bacterianas ou virais, ou ainda por reações a drogas.

Peritonite: Condição dolorosa resultante da inflamação do peritônio.

Placa: Depósito denso de partículas alimentares e secreções bacterianas nas superfícies dos dentes.

Síndrome do intestino irritável: Alteração do trato digestório caracterizada por diarréia, constipação ou alternância entre as duas. Quando a constipação é o problema primário, a alteração é às vezes denominada colo espástico ou colite espástica.

Úlcera péptica: Ulceração localizada na túnica mucosa gástrica ou duodenal por ácidos e enzimas no quimo.

RESUMO PARA ESTUDO

Introdução 656

1. O sistema digestório consiste no **trato digestório** muscular e em vários **órgãos acessórios**. *(ver Figura 25.1)*
2. As funções digestórias incluem *ingestão*, *processamento mecânico*, *digestão*, *absorção*, *compactação* e *excreção*.

Uma visão geral do sistema digestório 656

Organização histológica do trato digestório 656

1. A **lâmina própria** e o epitélio formam a **túnica mucosa** do trato digestório. As principais camadas do trato digestório são a **tela submucosa** (tecido areolar), a **túnica muscular** (uma camada de fibras musculares lisas) e, na cavidade abdominopélvica, a **túnica serosa**. *(ver Figura 25.2)*
2. O trato digestório é revestido por um **epitélio mucoso** lubrificado por secreções de órgãos epiteliais e acessórios. O epitélio mucoso pode ser simples ou estratificado. O revestimento do trato digestório contém pregas que permitem a sua expansão. (*ver Figura 25.2*)

Camadas musculares e o movimento de material no trato digestório 657

3. As células de músculo liso do trato digestório apresentam plasticidade, que é a capacidade de tolerar grandes estiramentos. O sistema digestório contém tecido muscular liso visceral, no qual as células musculares são dispostas em camadas e não apresentam inervação motora direta. A presença de **células auto-ajustáveis** permite a formação de ondas de contração rítmicas que se disseminam por toda a camada muscular.

4. A túnica muscular propele materiais através do trato digestório por meio de contrações de **peristalse**. Movimentos de **segmentação** em áreas do intestino delgado misturam o material digerido. *(ver Figura 25.3)*

O peritônio 660

5. A túnica serosa, também conhecida como **peritônio visceral**, é contínua com o **peritônio parietal** que reveste a superfície interna das paredes do corpo.
6. Folhas duplas aderidas de membrana peritoneal, denominadas **mesentérios**, sustentam partes do trato digestório. *(ver Figura 25.2a)*
7. Órgãos da cavidade abdominal podem apresentar diferentes relações com o peritônio, sendo **peritonizado**, **intraperitoneal**, **retroperitoneal** e **secundariamente retroperitoneal**.
8. **Projeções de peritônio** importantes incluem o **omento maior**, o **omento menor**, o **mesentério**, o **mesocolo transverso** e o **mesocolo sigmóide**. O colo ascendente, o colo descendente, o duodeno e o pâncreas são fixos à parede posterior da cavidade abdominopélvica; são secundariamente retroperitoneais. *(ver Figuras 25.4/25.10/25.11)*

A cavidade oral 662

1. As funções da cavidade oral incluem (1) **análise** de alimentos potenciais; (2) **processamento mecânico** utilizando os dentes, a língua e as superfícies palatinas; (3) **lubrificação** por mistura ao muco e secreções salivares; e (4) **digestão** por enzimas salivares. Estruturas da cavidade oral incluem a língua, as glândulas salivares e os dentes. *(ver Figura 25.5)*

Anatomia da cavidade oral 662

2. A **cavidade oral** (ou "cavidade bucal") é revestida por epitélio escamoso estratificado. O **palato duro** e o **palato mole** constituem o teto da cavidade oral. Outras características importantes podem ser vistas na *Figura 25.5.*
3. A **língua** auxilia no processamento mecânico e na movimentação do alimento, sendo responsável também pela análise sensitiva do alimento. A superfície superior (**dorso**) do **corpo** da língua é recoberta com *papilas.* A porção inferior da língua contém uma prega lisa de túnica mucosa denominada **frênulo da língua**. **Músculos intrínsecos** e **músculos extrínsecos da língua** são controlados pelo nervo hipoglosso. *(ver Figura 25.5)*
4. As **glândulas salivares parótidas**, **sublinguais** e **submandibulares** liberam suas secreções no interior da cavidade oral. As parótidas liberam **amilase**, que inicia a quebra de carboidratos. *(ver Figuras 25.5/25.6)*
5. A **saliva** lubrifica a boca, solubiliza o alimento, dissolve substâncias químicas, banha as superfícies da cavidade oral e auxilia no controle bacteriano. A salivação é geralmente controlada pelo sistema nervoso autônomo.
6. A **dentina** constitui a estrutura básica do dente. A **coroa do dente** é revestida por **esmalte**, e a **raiz do dente**, por **cemento**. O **colo do dente** marca o limite entre a raiz e a coroa. O **periodonto** fixa o dente no alvéolo dental. A **mastigação** ocorre com o contato das **faces oclusais** opostas dos dentes. *(ver Figura 25.7)*
7. Existem quatro tipos de dentes, cada um com funções específicas: **incisivos** para o corte; **caninos** para a laceração; **pré-molares** para o esmagamento; e **molares** para a trituração dos alimentos. *(ver Figura 25.7b,c)*
8. O primeiro conjunto de dentes é denominado **dentição decídua** (*dentes primários, dentes de leite* ou *dentes infantis*), constituída pelos dentes temporários da **primeira dentição**. Esses dentes são substituídos pela dentição do adulto, a **dentição secundária** ou **dentição permanente**. A seqüência da erupção dental é apresentada na *Figura 25.7d.*
9. As linhas dentais superiores e inferiores formam **arcos dentais**, com as faces **labial**, **palatal** (dentes superiores) ou **lingual** (dentes inferiores), **mesial** e **distal**. *(ver Figura 25.7)*
10. A **mastigação** força o alimento entre as faces oclusais dos dentes até que se forme o **bolo alimentar**, que pode ser facilmente deglutido.

A faringe 666

1. Os músculos estriados esqueléticos envolvidos na deglutição incluem os *músculos constritores da faringe*, o *músculo palatofaríngeo*, o *músculo estilofaríngeo* e os *músculos do palato mole.*

O processo da deglutição 667

2. A **deglutição** ocorre em três fases. A **fase oral** inicia-se com a compactação do **bolo alimentar** e sua movimentação até a faringe. A **fase faríngea** envolve a elevação da faringe e da laringe, o abaixamento da epiglote e a oclusão da laringe. Finalmente, a **fase esofágica** envolve a abertura do **"esfíncter esofágico superior"** e a movimentação peristáltica que conduz o bolo alimentar inferiormente ao longo do esôfago até o **"esfíncter esofágico inferior"**. *(ver Figura 25.8)*

O esôfago 667

1. O **esôfago** é um tubo muscular oco que conduz alimentos sólidos e líquidos para o estômago passando através do **hiato esofágico**, uma abertura no diafragma.

Histologia da parede esofágica 667

2. A parede esofágica é constituída pela *túnica mucosa*, *tela submucosa*, *túnica muscular* e *túnica adventícia. (ver Figuras 25.1/25.2/25.9)*

O estômago 668

1. O **estômago** apresenta três funções principais: (1) *armazenamento substancial de alimento ingerido*, (2) *quebra mecânica de alimento mais resistente* e (3) *digestão química* do alimento ingerido por meio da quebra de ligações químicas realizada por ácidos e enzimas.

Anatomia do estômago 668

2. O estômago é subdividido em quatro partes: a **cárdia**, o **fundo gástrico**, o **corpo gástrico** e a parte pilórica, com o **piloro**. O **músculo esfíncter do piloro** regula a saída de material do estômago. A túnica mucosa e a tela submucosa são dispostas em pregas longitudinais, denominadas **pregas gástricas**. A túnica muscular do estômago é formada por três camadas de músculo liso: uma *camada longitudinal*, uma *camada circular* e uma camada interna, de *fibras oblíquas. (ver Figuras 25.4/25.10 a 25.13)*
3. As projeções de peritônio do estômago são o **omento maior**, que se encontra fixo à curvatura maior do estômago, e o **omento menor**, fixo à curvatura menor do estômago.
4. Três ramos do **tronco celíaco** fazem o suprimento sangüíneo ao estômago: a *artéria gástrica esquerda*, a *artéria esplênica* e a *artéria hepática comum. (ver Figuras 22.17/22.26/25.10a)*

Histologia do estômago 671

5. Um epitélio colunar simples reveste todas as partes do estômago. Depressões rasas, denominadas **fovéolas gástricas**, contêm as **glândulas gástricas** do fundo gástrico e do corpo gástrico. **Células parietais** secretam **fator intrínseco** e ácido clorídrico. **Células principais** secretam **pepsinogênio**, o qual é convertido pelos ácidos gástricos na enzima **pepsina**. As **células G** secretam o hormônio **gastrina**. *(ver Figura 25.13)*

Regulação do estômago 673

6. A produção e a secreção de **suco gástrico** são controladas diretamente pelo SNC (o nervo vago [inervação parassimpática] e o plexo celíaco [inervação simpática]). A liberação dos hormônios locais, secretina e colecistoquinina, inibe a secreção gástrica, mas estimula as secreções pancreática e hepática.

O intestino delgado 673

Partes do intestino delgado 674

1. O intestino delgado inclui o **duodeno**, o **jejuno** e o **íleo**.

Sustentação do intestino delgado 674

2. A *artéria mesentérica superior* e a *veia mesentérica superior* apresentam vários ramos para os segmentos do intestino delgado. *(ver Figuras 22.17/22.26)*
3. O **mesentério** sustenta os ramos da artéria e da veia mesentérica superior, vasos linfáticos e nervos que suprem o jejuno e o íleo. *(ver Figura 25.4)*

Histologia do intestino delgado 674

4. A túnica mucosa intestinal apresenta pregas transversas denominadas **pregas circulares**. A túnica mucosa do intestino delgado forma pequenas projeções digitiformes denominadas **vilosidades intestinais** que ampliam a área de

superfície de absorção. Cada vilosidade contém um terminal linfático denominado **vaso lactífero**. Bolsas denominadas **glândulas (criptas) intestinais** (*criptas de Lieberkühn*) abrigam células enteroendócrinas, células caliciformes e células-tronco. *(ver Figuras 25.4/25.10/25.12/25.14 a 25.16)*

5. As partes do intestino delgado apresentam especializações histológicas que determinam suas funções primárias. O duodeno (1) contém **glândulas submucosas duodenais** (*glândulas de Brünner*), cuja atividade soma-se à das glândulas intestinais na produção de muco, e (2) recebe as secreções do ducto colédoco e ducto pancreático. O jejuno e o íleo contêm grandes **nódulos linfáticos agregados** (*placas de Peyer*) no interior da lâmina própria. *(ver Figuras 25.15/25.16)*

Regulação do intestino delgado 677

6. O **suco entérico (intestinal)** hidrata o quimo, contribui para a neutralização dos ácidos e dissolve enzimas digestivas e produtos da digestão.
7. *Secretina* e *colecistoquinina* (*CCK* ou *CCQ*) são dois hormônios importantes na coordenação das atividades digestivas. A inervação parassimpática (vagal) estimula a função digestiva; a estimulação simpática inibe a atividade ao longo do trato digestório.

O intestino grosso 677

1. O **intestino grosso** inicia-se como uma bolsa em fundo cego, situada inferiormente à parte terminal do íleo, e estende-se até o ânus. As principais funções do intestino grosso são (1) *reabsorção de água e eletrólitos*, e a *compactação de fezes*; (2) *absorção de importantes vitaminas* por ação bacteriana; e (3) *armazenamento de material fecal* antes da defecação. *(ver Figuras 25.4/25.12/25.14/25.17 a 25.19)*
2. O intestino grosso é dividido em três partes: o **ceco**, o **colo** e o **reto***.

O ceco 677

3. O **ceco** recebe e armazena materiais advindos do íleo. O íleo abre-se no ceco na **papila ileal**, com músculos circundando a abertura e constituindo a **"valva ileocecal"****. O **apêndice vermiforme** é um divertículo do ceco e atua como parte do sistema linfático. *(ver Figura 25.17)*

O colo 677

4. O **colo** apresenta diâmetro maior e paredes mais delgadas em relação ao intestino delgado. Apresenta as bolsas denominadas **saculações do colo** (haustros), as **tênias do colo** (fitas musculares longitudinais) e os **apêndices omentais (adiposos) do colo** (agregados lipídicos no interior da túnica serosa). *(ver Figuras 25.17/25.18)*
5. O colo é subdividido em quatro regiões: o **colo ascendente**, o **colo transverso**, o **colo descendente** e o **colo sigmóide**. *(ver Figuras 25.4/25.17/25.18)*

O reto 679

6. O reto continua-se com o **canal anal**, que termina no ânus. O **músculo esfincter interno do ânus** e o **músculo esfincter externo do ânus** controlam a passagem das fezes através do ânus. A distensão das paredes do reto deflagra o reflexo da defecação. *(ver Figuras 25.12/25.17/25.18)*

Histologia do intestino grosso 679

7. As principais características histológicas do colo são ausência de vilosidades, abundância de células caliciformes e glândulas intestinais muco-secretoras diferenciadas. *(ver Figura 25.19)*

Regulação do intestino grosso 679

8. Os movimentos que ocorrem do ceco ao colo transverso são lentos e envolvem atividade peristáltica e *movimentos de mistura* pelas saculações do colo. Os movimentos entre o colo transverso e o colo sigmóide ocorrem várias vezes por dia por meio de **movimentos de massa**.
9. A distensão das paredes do reto, que resulta dos movimentos de massa, determina a consciência da necessidade da defecação e o relaxamento dos músculos esfincteres interno e externo do ânus.

Órgãos digestórios glandulares acessórios (anexos) 680

O fígado 680

1. O **fígado** desempenha funções de regulação metabólica e hematológica, além de produzir a **bile**. Sua função metabólica é a de regular as concentrações de produtos residuais e nutrientes no sangue, e sua função hematológica é a de constituir um reservatório de sangue. *(ver Figuras 25.12/25.20/25.21 e Tabela 25.1)*
2. A descrição topográfica clássica do fígado divide o órgão em quatro lobos: **lobo hepático direito**, **lobo hepático esquerdo**, **lobo quadrado** e **lobo caudado**. A **vesícula biliar** está localizada na **fossa da vesícula biliar**, situada na face ínfero-posterior do **lobo hepático direito**. Uma nova terminologia para a segmentação hepática foi adotada recentemente, tendo-se tomado como base as subdivisões da artéria hepática própria, da veia porta do fígado e dos ductos hepáticos. *(ver Figura 25.20a,b,c,d,f)*
3. A **artéria hepática própria** e a **veia porta do fígado** fazem o suprimento sangüíneo ao fígado. As **veias hepáticas** drenam sangue do fígado e fazem o retorno do sangue à circulação sistêmica por meio da veia cava inferior. *(ver Figuras 22.17/22.26/25.20d)*
4. **Células hepáticas** são células epiteliais especializadas denominadas **hepatócitos**. **Células de Kupffer**, ou *células reticuloendoteliais estelares*, são células fagocitárias situadas no revestimento dos vasos sinusóides. O **lóbulo hepático** é a unidade funcional básica do fígado. Cada lóbulo tem aparência hexagonal à secção transversal e contém seis *tríades portais* ou *áreas portais (espaços-porta)*. A tríade portal consiste em um ramo da veia porta do fígado, um ramo da artéria hepática própria e um ramo de ducto bilífero interlobular. Os canalículos bilíferos conduzem bile aos **dúctulos bilíferos intralobulares** que levam finalmente aos ductos bilíferos interlobulares. Estes, por sua vez, unem-se para formar os **ductos hepáticos direito** e **esquerdo**, os quais se unem para formar o **ducto hepático comum**. *(ver Figuras 25.20 a 25.22)*

A vesícula biliar 682

5. A **vesícula biliar** é um órgão muscular oco que armazena e concentra a bile antes da excreção no intestino delgado. Os **sais biliares** quebram grandes partículas de lipídeos, tornando-as suscetíveis à ação das enzimas digestivas. A ejeção da bile ocorre sob estimulação da colecistoquinina (CCK ou CCQ).
6. A vesícula biliar é dividida em três regiões: **fundo**, **corpo** e **colo da vesícula biliar**. O trajeto do ducto cístico inicia-se na vesícula biliar e une-se ao ducto hepático comum para constituir o **ducto colédoco**. *(ver Figuras 25.16/25.20d/25.22)*

O pâncreas 684

7. O **pâncreas** é dividido em três regiões: **cabeça**, **corpo** e **cauda do pâncreas*****. O **ducto pancreático** penetra a parede do duodeno. No interior de cada lóbulo, ductos ramificam-se repetidamente antes de terminarem nos **ácinos pancreáticos** (bolsas em fundo cego). O **ducto pancreático acessório** (se presente) e o **ducto pancreático** atravessam a parede do duodeno e liberam suco pancreático na *papila menor do duodeno* e na *papila maior do duodeno*, respectivamente. *(ver Figuras 25.22/25.23)*
8. O tecido pancreático consiste em porções endócrinas e exócrinas. É essencialmente um órgão exócrino, uma vez que os ácinos secretam água, íons e enzimas digestivas no intestino delgado. Enzimas pancreáticas incluem **lipases**, **carboidrases**, **nucleases** e **enzimas proteolíticas**. Os principais hormônios produzidos pela porção endócrina são insulina e glucagon.
9. A regulação da produção do suco pancreático está sob a responsabilidade dos hormônios colecistoquinina e secretina.

Envelhecimento e sistema digestório 686

1. A digestão e a absorção ocorrem normalmente em indivíduos idosos; entretanto, modificações no sistema digestório refletem modificações em outros sistemas relacionadas ao envelhecimento. Estas incluem a

* N. de R.T. Veja N. de R.T. na página 677.

** N. de R.T. Veja N. de R.T. na página 674.

*** N. de R.T. Entre a cabeça e o corpo do pâncreas há o colo do pâncreas.

diminuição na velocidade de divisão das células-tronco, a diminuição do tono da musculatura lisa, o aparecimento de lesões cumulativas, um aumento na incidência de câncer e numerosas modificações em outros sistemas.

REVISÃO DO CAPÍTULO

Para respostas às questões da Revisão dos Conceitos e Revisão do Capítulo, veja a seção de Respostas na parte final do livro.

Nível 1 – Revisão de fatos e termos

Associe cada item numerado com a letra do item que melhor se relaciona. Utilize letras para as respostas nos espaços apropriados.

Coluna A	Coluna B
__ 1. segmentação	a. projeção de peritônio que sustenta o intestino delgado
__ 2. mesentério	b. propele o material ao longo do trato digestório
__ 3. uma raiz	c. mistura e fragmenta materiais digeríveis
__ 4. túnica serosa	d. caninos
__ 5. corpo adiposo (na boca)	e. digestão alimentar mecânico-química
__ 6. mastigação	f. camada serosa recobrindo a túnica muscular
__ 7. duas raízes	g. preparação do bolo alimentar na cavidade oral
__ 8. trato digestório	h. pré-molares
__ 9. mesocolo	i. projeção de peritônio associada ao intestino grosso
__10. peristalse	j. constitui as bochechas

11. As ações envolvidas no processamento mecânico do alimento incluem todos os itens abaixo, exceto:
    (a) absorção
    (b) esmagamento do alimento pela ação da língua
    (c) laceração ou trituração do alimento pela ação dos dentes
    (d) mistura e homogeneização do alimento pela ação do estômago

12. A digestão refere-se à:
    (a) desidratação progressiva dos resíduos não-digeridos
    (b) entrada de alimento no trato digestório
    (c) quebra química do alimento
    (d) absorção de nutrientes no interior do intestino

13. A maior parte do trato digestório é revestida por:
    (a) epitélio colunar pseudo-estratificado ciliado
    (b) epitélio cubóide
    (c) epitélio escamoso estratificado
    (d) epitélio colunar simples

14. Consiste(m) em lâminas duplas de peritônio que sustentam algumas vísceras em posição adequada:
    (a) túnica serosa (b) túnica adventícia
    (c) mesentério e mesos (d) camada fibrosa

15. As atividades do sistema digestório são reguladas por:
    (a) hormônios (b) neurônios parassimpáticos
    (c) neurônios simpáticos (d) todos os anteriores

16. Situa-se entre a camada circular e a camada longitudinal da túnica muscular:
    (a) túnica mucosa (b) tela submucosa
    (c) túnica muscular (d) plexo mioentérico

17. A projeção de peritônio que sustenta a maior parte do intestino delgado é o:
    (a) mesentério (b) mesocolo transverso
    (c) omento menor (d) omento maior

18. A região de passagem entre a cavidade oral e a faringe é denominada:
    (a) úvula palatina (b) fauces
    (c) arco palatoglosso (d) arco palatofaríngeo

19. As pregas e as vilosidades intestinais:
    (a) ampliam a área de superfície da túnica mucosa do intestino delgado
    (b) conduzem produtos da digestão que não penetram nos vasos capilares
    (c) produzem novas células para a túnica mucosa do intestino delgado
    (d) secretam enzimas digestivas

20. O mesentério ventral primitivo:
    (a) torna-se o principal elemento de fixação para os órgãos digestórios na cavidade abdominal do adulto
    (b) é altamente glandular, mas não é vascularizado
    (c) contém e forma uma via de trajeto para a veia porta do fígado e seus vasos tributários
    (d) nenhum dos itens anteriores

Nível 2 – Revisão de conceitos

1. Qual dos seguintes itens não se aplica a todo o intestino delgado?
    (a) é o local primário para a digestão e absorção de aproximadamente 80% de todos os nutrientes do corpo
    (b) mede aproximadamente 6 m de comprimento
    (c) é retroperitoneal
    (d) apresenta uma série de pregas transversas denominadas pregas circulares

2. Em indivíduos idosos, a função do trato digestório:
    (a) apresenta modificações que acompanham as modificações relacionadas à idade que se apresentam na maior parte dos outros sistemas do corpo
    (b) depende de modificações que ocorrem em outros sistemas
    (c) pode ser determinada por um estudo das funções hepáticas
    (d) melhora em eficiência, mas não na velocidade da digestão

3. De que forma a lesão ou a remoção de parte do mesentério interferiria na função normal do intestino delgado?
    (a) aumentaria a peristalse
    (b) aumentaria a secreção hormonal
    (c) interferiria no suprimento sangüíneo e nervoso
    (d) causaria certa diminuição da motilidade intestinal

4. Qual é a função da lipase do pâncreas?

5. Qual é a função do músculo esfincter da ampola hepatopancreática?

6. Qual é a ação da vesícula biliar em relação à bile?

7. Qual é a função das células de Kupffer?

8. Qual é a última parte do colo, imediatamente antes do reto?

9. Qual é a função dos vasos lactíferos no intestino delgado?

10. O que deflagra a liberação da gastrina?

Nível 3 – Pensamento crítico

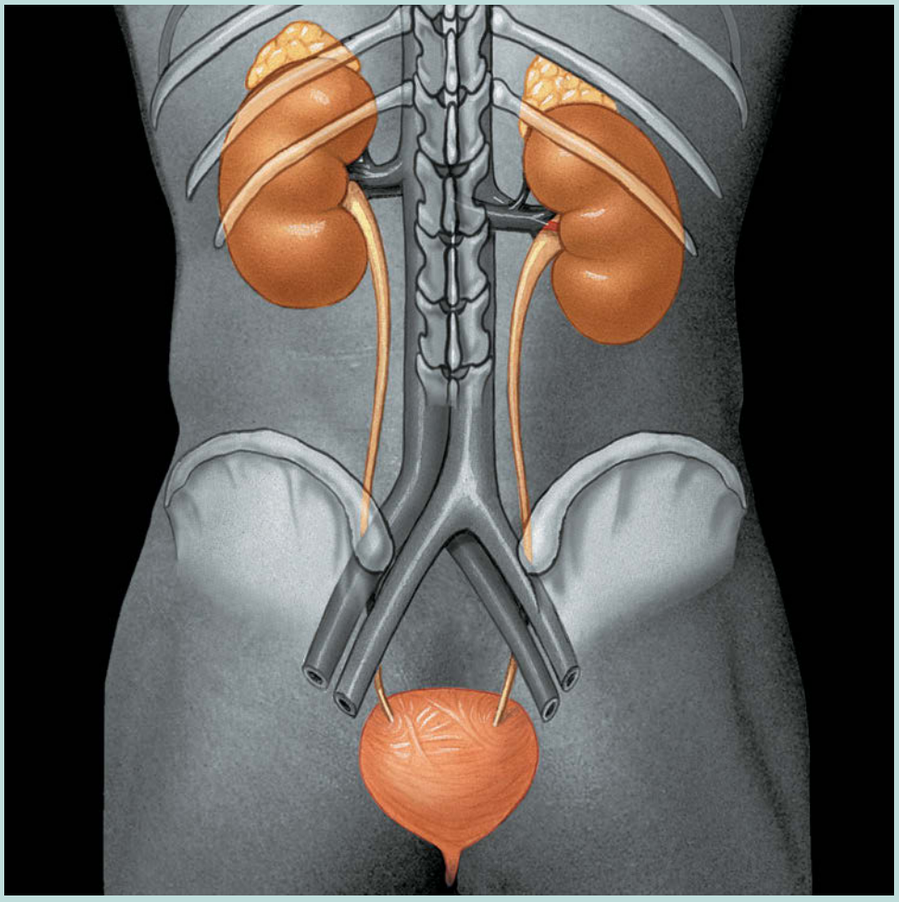
1. Um suspeito de assassinato diz ter jantado com a vítima cerca de 4 horas antes do crime. O médico legista que realizou a autópsia afirma que o suspeito está mentindo em função das evidências de que a vítima não ingeriu nada nas últimas 10 horas. Como o especialista pode fazer esta constatação?

2. A partir da cavidade oral até o ânus, quais são os seis esfincteres que controlam o trânsito do material ao longo do trato digestório? Quais deles atuam sob controle voluntário e por quê?

3. A partir da sua cavidade (luz), quais são as seis camadas histológicas que constituem a parede do tubo digestório?

26

O Sistema Urinário



Introdução 694

Os rins 694

Estruturas para transporte, armazenamento e eliminação da urina 704

Envelhecimento e sistema urinário 708

OBJETIVOS DO CAPÍTULO:

1. Descrever as funções do sistema urinário e suas relações com outros órgãos excretores.
2. Identificar os componentes do sistema urinário e suas funções.
3. Descrever a localização dos rins, suas características externas e suas relações com os órgãos e tecidos adjacentes.
4. Identificar as estruturas e a função de cada característica anatômica macroscópica dos rins.
5. Identificar os vasos sangüíneos que suprem os néfrons.
6. Descrever as características típicas e as propriedades dos capilares glomerulares.
7. Descrever o fluxo sangüíneo no interior e ao redor do néfron.
8. Identificar a inervação dos rins e os efeitos da inervação sobre a função renal.
9. Descrever a organização histológica do néfron e as funções da cada um de seus segmentos.
10. Descrever a localização, a anatomia macroscópica e a histologia dos ureteres, da bexiga urinária e da uretra.
11. Identificar as funções dos ureteres, da bexiga urinária e da uretra.
12. Discutir o reflexo e o controle da micção.
13. Descrever os efeitos do envelhecimento sobre o sistema urinário.

As atividades coordenadas dos sistemas digestório, circulatório, respiratório e urinário evitam o desenvolvimento de problemas causados por agentes residuais "poluentes" no interior do organismo. O tubo digestório absorve nutrientes dos alimentos, e o fígado ajusta a concentração desses nutrientes no sangue circulante. O sistema circulatório conduz esses nutrientes, juntamente com o oxigênio do sistema respiratório, aos tecidos do corpo. Ao deixar esses tecidos, o sangue transporta dióxido de carbono e outros produtos residuais, gerados pela atividade celular, aos locais de excreção. O dióxido de carbono é eliminado nos pulmões. A maioria dos produtos orgânicos residuais, juntamente com o excesso de água e eletrólitos, é removida e excretada pelo sistema urinário, objeto de estudo deste capítulo. Outros sistemas auxiliam o rim na excreção de água e solutos. Por exemplo, o suor produzido pelas glândulas sudoríferas contém água e solutos, e vários órgãos digestórios secretam produtos residuais na cavidade (luz) do trato digestório. Contudo, a contribuição desses órgãos é de importância secundária se comparada à função dos rins.

O **sistema urinário** realiza funções excretoras vitais e elimina os produtos residuais orgânicos produzidos por células de todo o corpo. Ele também desempenha várias outras funções essenciais que são muitas vezes negligenciadas. Uma lista mais completa das funções do sistema urinário inclui:

1. *Regulação da concentração plasmática de sódio, potássio, cloro, cálcio e outros íons* por meio do controle da quantidade eliminada na urina.
2. *Regulação do volume sangüíneo e da pressão sangüínea* por (a) ajuste do volume de água eliminado na urina, (b) liberação de eritropoetina e (c) liberação de renina. pág. 518
3. *Contribuição para a estabilização do pH sangüíneo.*
4. *Preservação dos nutrientes úteis* evitando sua excreção pela urina.
5. *Eliminação de produtos residuais orgânicos,* especialmente resíduos nitrogenados, como a *uréia* e o *ácido úrico*, substâncias tóxicas e drogas.
6. *Síntese do calcitriol,* um derivado hormonal da vitamina D_3, que estimula a absorção do íon cálcio pelo epitélio intestinal.
7. *Contribuição na atividade hepática* de desintoxicação e, durante o jejum, na deaminação de aminoácidos, para que outros tecidos possam "quebrá-los".

Todas as atividades do sistema urinário são cuidadosamente reguladas para manter a composição e a concentração de solutos no sangue dentro de limites aceitáveis. Uma alteração de qualquer uma dessas funções acarretará conseqüências imediatas e potencialmente fatais.

Este capítulo considera a organização funcional do sistema urinário e descreve os principais mecanismos reguladores que controlam a produção e a concentração da urina. O sistema urinário (Figura 26.1a) inclui os *rins,* os *ureteres,* a *bexiga urinária* e a *uretra.* As funções excretoras desse sistema são realizadas por um par de **rins**. Estes órgãos produzem **urina**, um produto residual líquido que contém água, íons e pequenos compostos solúveis. A urina deixa os rins e percorre o **trato urinário**, que consiste em dois **ureteres** e na **bexiga urinária**, local onde a urina é temporariamente armazenada. Quando ocorre o **ato de urinar**, ou **micção**, a contração da musculatura da bexiga urinária impele a saída da urina em direção à **uretra** e para fora do corpo.

Os rins [Figuras 26.1/26.2]

Os rins estão localizados lateralmente à coluna vertebral entre a última vértebra torácica e a terceira vértebra lombar, bilateralmente (Figura 26.2a). O pólo superior do rim direito está muitas vezes situado inferiormente em relação ao pólo superior do rim esquerdo (Figuras 26.1 e 26.2a).

Na dissecação macroscópica, a face anterior do rim direito está coberta pelo fígado, pela flexura direita do colo e pelo duodeno. A face anterior do rim esquerdo é recoberta pelo baço, pelo estômago, pelo pâncreas, pelo jejuno e pela flexura esquerda do colo. O pólo superior de cada rim é recoberto pela glândula supra-renal (Figuras 26.1a e 26.2). Os rins, as glândulas supra-renais e os ureteres localizam-se entre os músculos do dorso e o peritônio parietal, em uma posição retroperitoneal (Figuras 26.1c e 26.2).

A posição dos rins na cavidade abdominal é mantida (1) pelo peritônio sobrejacente, (2) pelo contato com vísceras adjacentes e (3) pelos tecidos conectivos de sustentação. Três camadas concêntricas de tecido conectivo (Figura 26.1c) protegem e estabilizam cada rim:

1. Uma camada de fibras colágenas recobre a totalidade da superfície externa do órgão. Essa camada é conhecida como **cápsula fibrosa do rim**. Ela mantém o formato do rim e oferece proteção mecânica.
2. Uma camada de tecido adiposo, a **cápsula adiposa** – **gordura perinefrética** ou *gordura perirrenal* (*peri*, em torno + *renes*, rim) – envolve a cápsula fibrosa. Essa camada pode ser bastante espessa e, na dissecação, geralmente encobre o contorno externo do rim.
3. Fibras colágenas se estendem para fora, a partir da cápsula fibrosa interna, através da cápsula adiposa, em direção a uma densa camada externa conhecida como **fáscia renal**, que fixa o rim às estruturas vizinhas. Na região posterior, a fáscia renal está ligada à fáscia profunda, que envolve os músculos da parede do corpo. O corpo adiposo pararenal – uma camada de *gordura pararrenal* (*para,* junto) – separa as partes posterior e lateral da fáscia renal da parede do corpo. Na região anterior, a fáscia renal fixa-se ao peritônio e à fáscia renal do lado oposto.

Na realidade, o rim é suspenso por fibras colágenas a partir da fáscia renal e é envolvido por um revestimento macio de tecido adiposo. Esta disposição evita que impactos e choques que ocorrem na movimentação diária interfiram na função renal normal. Se as fibras que sustentam o rim se distendem ou se o conteúdo de gordura do corpo diminui, reduzindo a quantidade de tecido adiposo que envolve os rins, o amortecimento também diminui e os rins tornam-se mais vulneráveis a lesões traumáticas.

Anatomia de superfície do rim [Figuras 26.2/26.3]

Cada rim castanho-avermelhado apresenta o formato de um feijão comum. Um rim adulto típico (Figuras 26.2 e 26.3) mede aproximadamente 10 cm de comprimento, 5,5 cm de largura e 3 cm de espessura. Um único rim tem um peso médio de 150 g. Um entalhe medial proeminente, o **hilo renal**, é a região de entrada para a *artéria renal* e de saída para a *veia renal* e para o *ureter.*

A cápsula fibrosa apresenta uma parte interna e uma parte externa. Em uma vista em secção (Figura 26.3a), a parte interna invagina-se para o interior do hilo renal e reveste o **seio renal**, um espaço interno no rim. Vasos sangüíneos, vasos linfáticos, nervos e o ureter, que drena o rim, passam através do hilo renal e ramificam-se no interior do seio renal. A espessa parte externa da cápsula se estende através do hilo renal e estabiliza a posição dessas estruturas.

Anatomia seccional do rim [Figura 26.3]

O interior de cada rim contém o córtex renal, a medula renal e o seio renal. O **córtex renal**, que é granuloso e de coloração castanho-avermelhada, é a camada mais externa do rim. O córtex está em contato com a cápsula fibrosa (Figura 26.3a). A **medula renal** situa-se internamente ao córtex e apresenta coloração mais escura. Ela consiste em 6 a 18 estruturas triangulares ou cônicas diferenciadas, denominadas **pirâmides renais**. A base de cada pirâmide volta-se para o córtex, e o ápice, ou **papila renal**, pro-

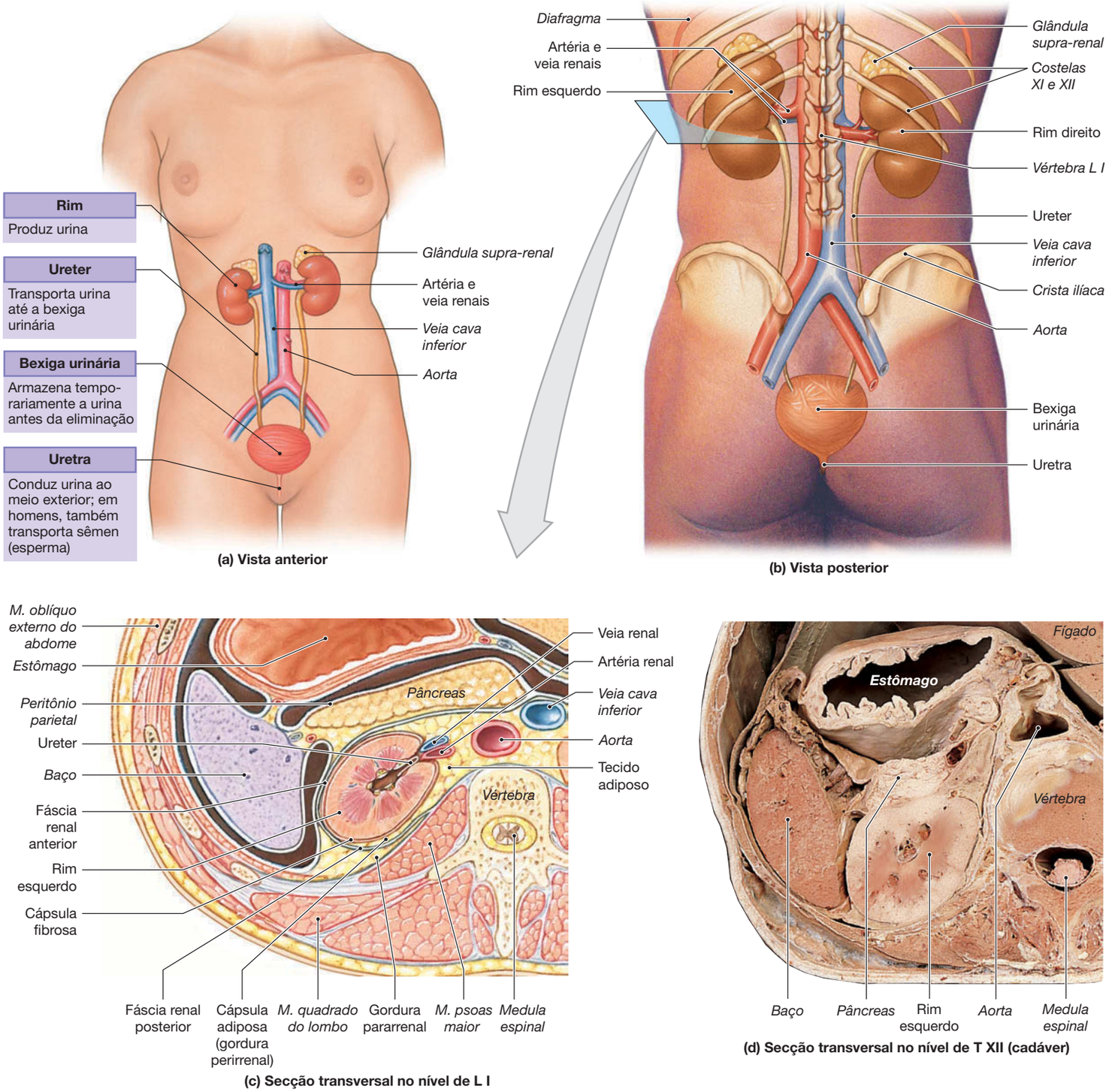


Figura 26.1 Apresentação do sistema urinário.

(a) Vista anterior, mostrando os componentes do sistema urinário. **(b)** Vista posterior do tronco, mostrando a posição dos rins e de outros órgãos do sistema urinário. **(c)** Vista diagramática em secção no nível da porção indicada na parte (b). **(d)** Vista em secção de cadáver ligeiramente superior ao plano indicado na parte (c). Para anatomia de superfície, *veja também a Figura 12.3.*

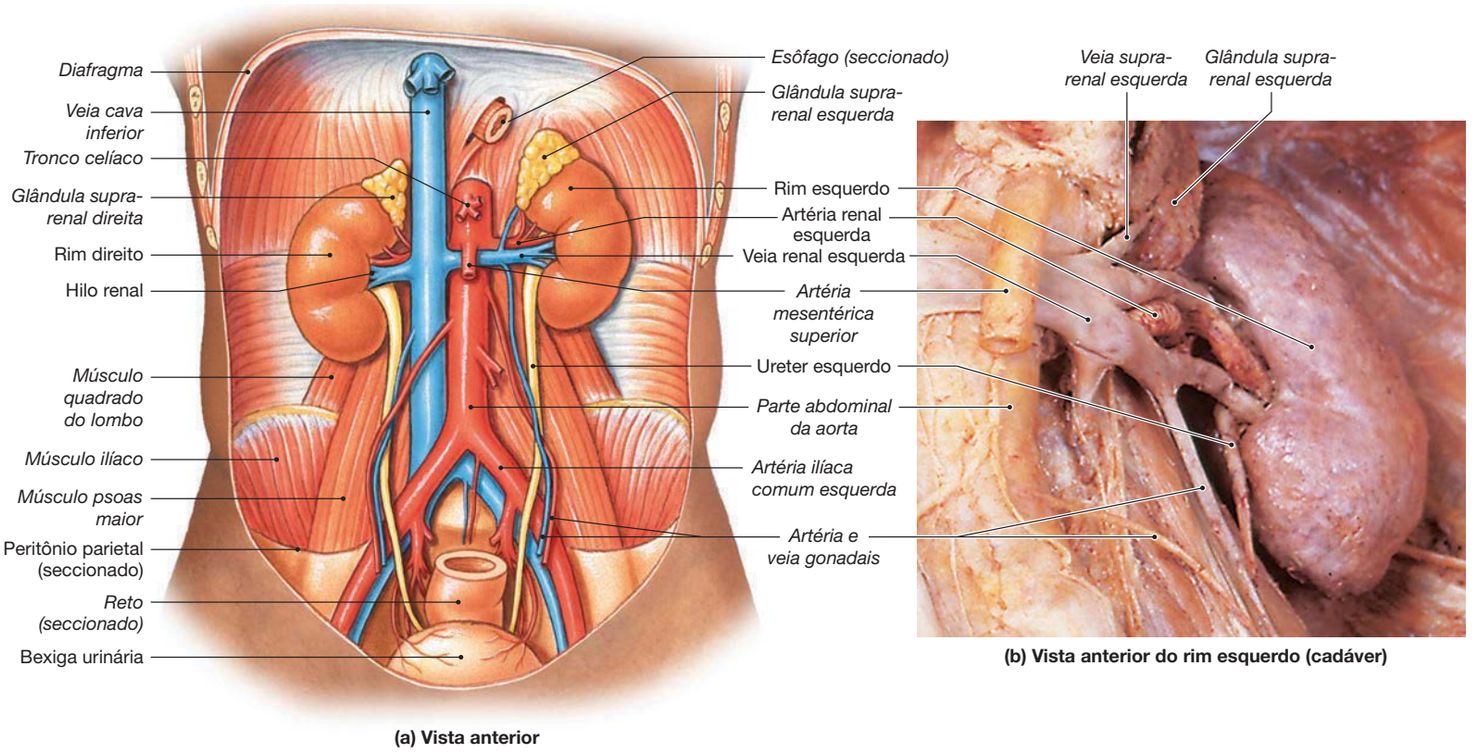


Figura 26.2 Sistema urinário, dissecação macroscópica.
(a) Vista anterior diagramática da cavidade abdominopélvica mostrando os rins, as glândulas supra-renais, os ureteres, a bexiga urinária e o suprimento sangüíneo aos rins. **(b)** Vista anterior do rim esquerdo e das estruturas associadas em cadáver.

jeta-se no interior do seio renal. Cada pirâmide tem uma série de sulcos delicados que convergem para a papila. As pirâmides renais adjacentes são separadas por faixas de tecido cortical, denominadas **colunas renais**. As colunas renais têm uma textura granular diferenciada, semelhante àquela do córtex. Um **lobo renal** contém uma pirâmide renal, a área de córtex renal que a envolve e tecidos adjacentes das colunas renais.

A produção de urina ocorre nos lobos renais. Ductos no interior de cada papila renal eliminam urina no interior de um dreno em forma de cálice, denominado **cálice renal menor**. Quatro ou cinco cálices menores convergem para formar um **cálice renal maior**, e os cálices maiores combinam-se para constituir uma grande câmara em forma de funil, a **pelve renal**. A pelve renal, que preenche a maior parte do seio renal, continua-se com o ureter no hilo renal.

A produção de urina é iniciada em estruturas tubulares microscópicas chamadas de **néfrons**, localizadas no córtex de cada lobo renal. Cada rim tem cerca de 1.250.000 néfrons, com um comprimento combinado, seqüencial, de aproximadamente 145 km.

O suprimento sangüíneo dos rins

[Figuras 22.16/26.4/26.5b/26.9b]

Os rins recebem 20 a 25% do débito cardíaco total. No indivíduo normal, passam pelos rins aproximadamente 1.200 mL de sangue por minuto. Cada rim recebe sangue de uma **artéria renal**, que se origina na superfície lateral da parte abdominal da aorta, nas proximidades do nível da artéria mesentérica superior. ∞ pág. 588 Ao penetrar o seio renal, a artéria renal ramifica-se em **artérias segmentares** (Figura 26.4). As artérias segmentares, por sua vez, ramificam-se em **artérias interlobares** que se irradiam para a superfície, em direção à cápsula fibrosa, estendendo-se através das colunas renais entre as pirâmides, e rumo ao córtex. As artérias interlobares originam as **artérias arqueadas**, que fazem trajeto paralelo ao limite entre o córtex e a medula renal. Cada artéria arqueada origina um número de **artérias interlobulares**, ou *"artérias corticais radiadas"**, que suprem porções do lobo renal adjacente. Numerosas **arteríolas glomerulares aferentes** ramificam-se de cada artéria interlobular a fim de suprir individualmente os néfrons.

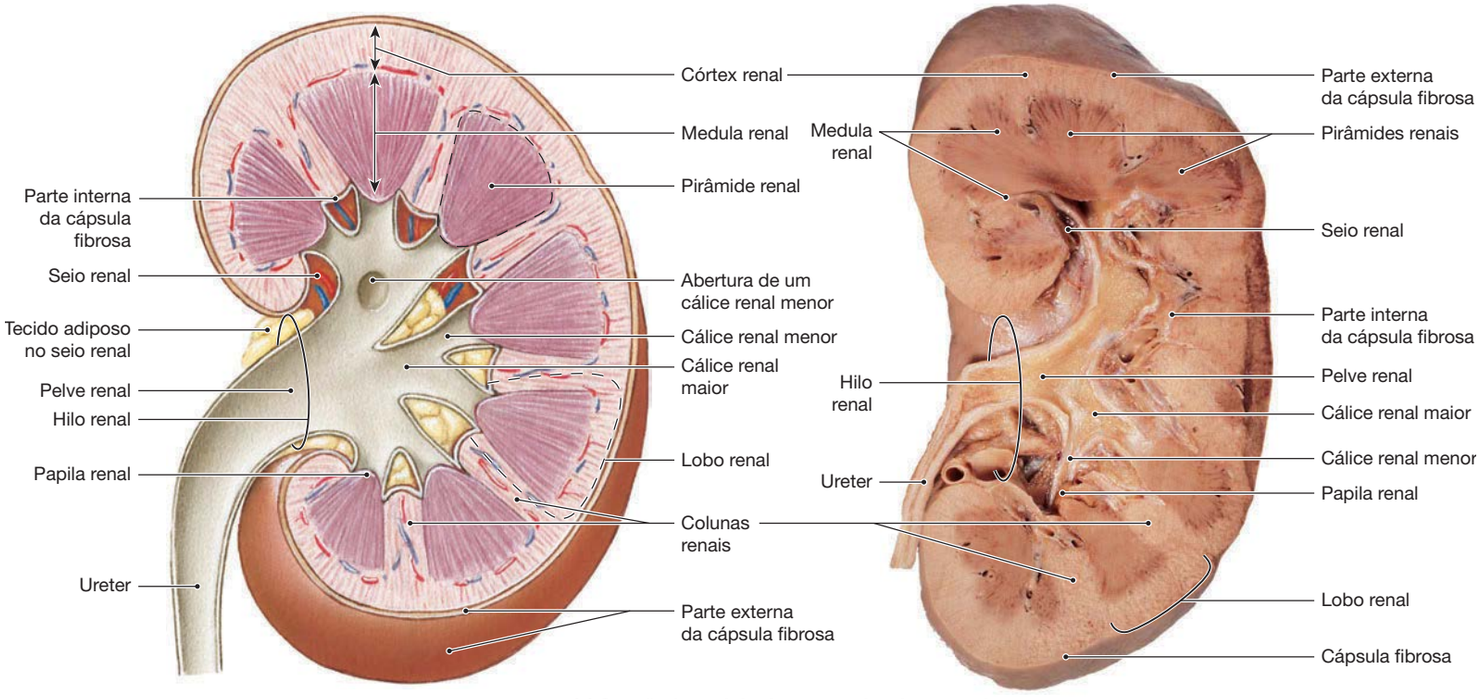
A partir dos néfrons, o sangue entra em uma rede de vênulas que convergem nas **veias interlobulares**. Em uma imagem especular da distribuição arterial, as veias interlobulares conduzem o sangue para as **veias arqueadas**, que drenam para as **veias interlobares**, as quais se mesclam para formar a **veia renal**; não há veias segmentares. Muitos destes vasos sangüíneos são visíveis em modelos de peças anatômicas preparadas pela técnica de corrosão (Figura 26.5) e em angiografias renais (Figura 26.9b).

Inervação dos rins

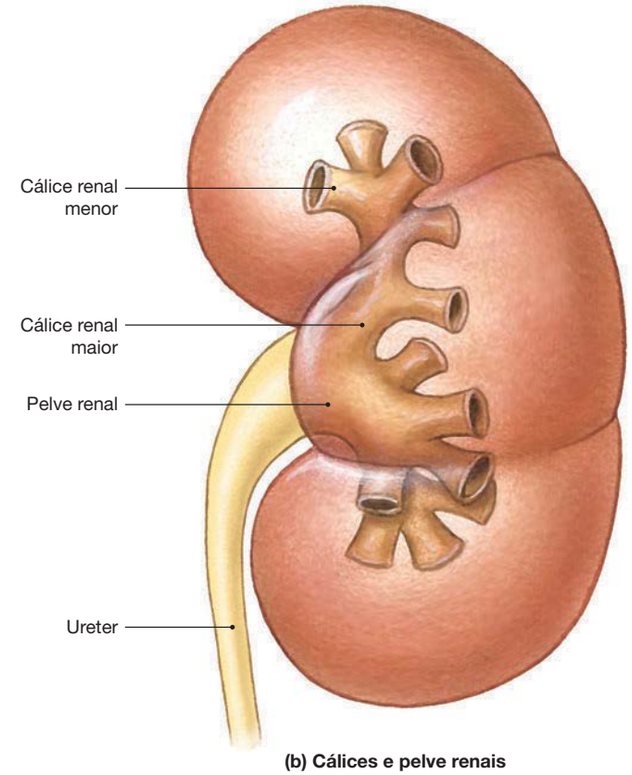
A produção de urina nos rins é feita em parte por *auto-regulação*, que envolve alterações reflexas no diâmetro das arteríolas que suprem os néfrons, modificando assim o fluxo sangüíneo e a velocidade de filtração. O mecanismo hormonal e o mecanismo neural podem complementar ou ajustar as respostas locais. Os rins e ureteres são supridos por nervos do **plexo renal**.

A maior parte das fibras nervosas são fibras pós-ganglionares simpáticas do gânglio mesentérico superior. ∞ pág. 457 Um ramo renal penetra em cada rim pelo hilo renal e acompanha a ramificação da artéria renal para alcançar os néfrons individuais. Funções conhecidas da inervação simpática incluem (1) a regulação da pressão e do fluxo sangüíneo renal, (2) a estimulação de liberação de renina e (3) a estimulação direta da reabsorção de água e sódio.

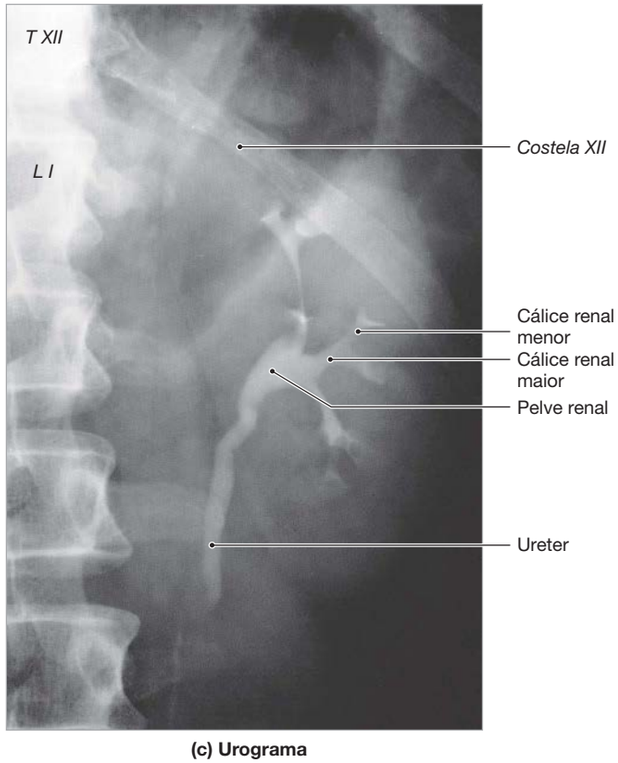
* N. de R.T. As artérias perfurantes radiadas são ramos das artérias interlobulares, que atravessam a cápsula fibrosa.



(a) Secção frontal do rim esquerdo, vista anterior



(b) Cálices e pelve renais



(c) Urograma

Figura 26.3 Estrutura do rim.

(a) Secção frontal do rim, mostrando as principais estruturas. Os contornos de um lobo renal e de uma pirâmide renal estão indicados por linhas tracejadas. **(b)** O desenho sombreado mostra a disposição dos cálices renais e da pelve renal dentro do rim. **(c)** Urograma do rim esquerdo, mostrando os cálices renais, a pelve renal e o ureter.

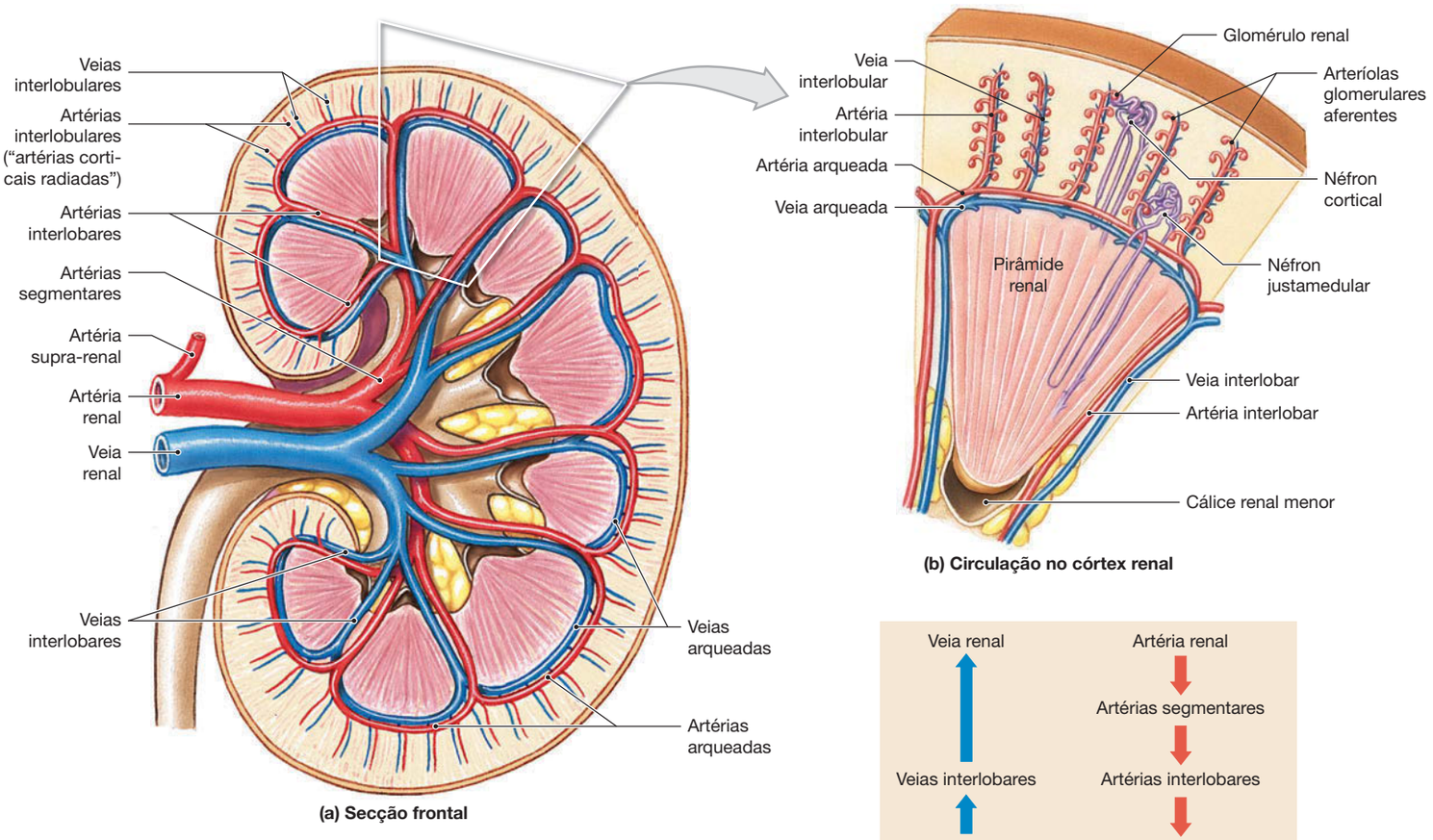


Figura 26.4 Suprimento sangüíneo dos rins.
(a) Vista em secção, mostrando as principais artérias e veias; compare com as *Figuras 26.3* e *26.8*. **(b)** Circulação no córtex renal. **(c)** Fluxograma da circulação renal. O fluxograma resume o padrão da circulação renal.

REVISÃO DOS CONCEITOS

1. Se a sua pressão sangüínea estiver baixa, que alterações você observará nos rins?
2. Após deixar os rins, para onde vai a urina?
3. Qual é a função do calcitriol?

Veja a seção de Respostas na parte final do livro.

Histologia do rim [Figura 26.6]

O *néfron*, unidade básica estrutural e funcional do rim, só pode ser visualizado ao microscópio. Para maior clareza, o néfron esquematizado na Figura 26.6 foi encurtado e retificado.

Uma introdução à estrutura e função do néfron [Figuras 26.4c/26.6/26.7]

O **túbulo renal**, uma extensa via tubular, inicia-se na cápsula glomerular, uma câmara em forma de cálice, que constitui o **corpúsculo renal**. Este apresenta aproximadamente 200 µm (0,2 mm) de diâmetro e contém uma rede capilar denominada **glomérulo renal**, que consiste em cerca de 50 capilares entrelaçados. O sangue chega ao glomérulo através de uma **arteríola glomerular aferente** e continua seu trajeto, saindo pela **arteríola glomerular eferente**. Estas estruturas do néfron são mostradas na Figura 26.6.

A filtração através das paredes do glomérulo produz uma solução isenta de proteínas, conhecida como **filtrado glomerular**, ou simplesmente *filtrado*. A partir do corpúsculo renal, o filtrado entra em uma longa via tubular que é subdividida em regiões com diferentes características estruturais e funcionais. As principais subdivisões incluem (1) o **túbulo contorcido proximal (TCP)**, (2) a **alça do néfron**, ou *alça de Henle*, e (3) o **túbulo contorcido distal (TCD)**.

Cada néfron esvazia-se no **sistema coletor**. Um **túbulo coletor**, continuação do túbulo contorcido distal, conduz o filtrado a um **ducto coletor** nas proximidades. Os ductos coletores deixam o córtex renal e percorrem um trajeto descendente em direção à medula renal, conduzindo o líquido a um **ducto papilar**. Esse líquido é drenado pelos cálices renais até a pelve renal.

Néfrons de diferentes regiões apresentam estruturas ligeiramente diferentes. Cerca de 85% dos néfrons são **néfrons corticais**, localizados quase inteiramente no interior do córtex renal (Figura 26.7a,e). Em um néfron cortical, a alça do néfron é relativamente curta, e a arteríola glomerular eferente conduz o sangue a uma rede de **capilares peritubulares**,

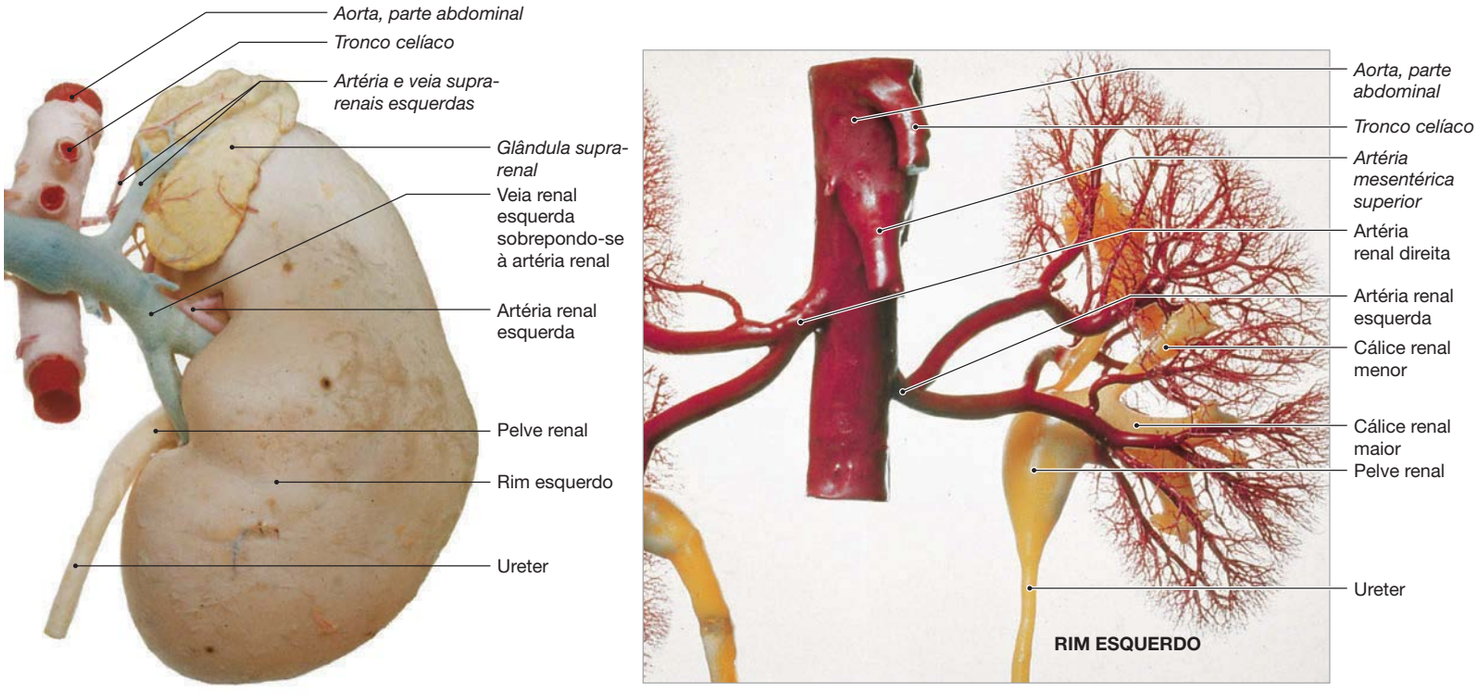


Figura 26.5 Vasos e fluxo sangüíneo renal.
(a) Rim esquerdo, ureter e vasos associados. Os vasos foram injetados com látex para facilitar sua visualização. **(b)** Peça mostrando as artérias e as vias de condução da urina no rim; preparação realizada por meio da técnica de corrosão.

que circundam completamente os túbulos renais. Esses capilares drenam em vênulas que conduzem sangue às veias interlobulares (Figura 26.4c). Os 15% de néfrons remanescentes, denominados **néfrons justamedulares** (*justa,* próximo), estão localizados em uma região mais próxima da medula renal e apresentam longas alças que se estendem para o interior das pirâmides renais (Figura 26.7a,f). Por serem mais numerosos que os néfrons justamedulares, os néfrons corticais desempenham a maior parte das funções renais de reabsorção e secreção. Entretanto, os néfrons justamedulares criam as condições necessárias para a produção de urina concentrada.

A urina que chega à pelve renal é bastante diferente do filtrado produzido no corpúsculo renal. O processo de filtração passiva promove o movimento através de uma barreira que se baseia apenas no tamanho dos solutos. Um filtro com poros grandes o suficiente para permitir a passagem de produtos residuais orgânicos não consegue evitar a passagem de água, íons e outras moléculas orgânicas, como glicose, ácidos graxos e aminoácidos. Outros segmentos distais do néfron são responsáveis pela

- reabsorção de todos os substratos orgânicos úteis do filtrado;
- reabsorção de mais de 80% da água no filtrado; e
- secreção no filtrado dos produtos residuais que passaram pela barreira no processo de filtração.

Examinaremos agora cada um dos segmentos de um néfron justamedular em maiores detalhes.

O corpúsculo renal [Figuras 26.6/26.8c-e]

O corpúsculo renal apresenta um diâmetro médio de 150 a 250 μm e inclui (1) o novelo capilar do glomérulo renal e (2) o segmento inicial expandido do túbulo renal, uma parte denominada **cápsula glomerular**, ou *cápsula de Bowman*. O glomérulo projeta-se no interior da cápsula glomerular do mesmo modo que o coração projeta-se no interior da cavidade do pericárdio (Figura 26.8c). A parede externa da cápsula é revestida por **epitélio parietal** (*capsular*), escamoso simples, e esta camada continua-se no **epitélio visceral** (*glomerular*) que recobre os capilares glomerulares. O epitélio visceral consiste em células grandes com processos complexos que envolvem os capilares glomerulares. Estas células especializadas, denominadas **podócitos** (*podos*, pés + *cytos*, célula), podem ser observadas na Figura 26.8c-e. O **espaço capsular** separa o epitélio parietal do visceral. A conexão entre o epitélio visceral e o parietal está localizada no **pólo vascular** do corpúsculo renal. No pólo vascular, os capilares glomerulares são ligados às arteríolas glomerulares. O sangue chega a esses capilares através da arteríola glomerular aferente e continua seu trajeto na arteríola glomerular eferente, de menor diâmetro (Figura 26.8c). (Esta disposição vascular específica será discutida posteriormente em maiores detalhes.)

A filtração ocorre quando a pressão impele o líquido e os solutos nele dissolvidos para fora do glomérulo, passando para o espaço capsular. O filtrado resultante é muito semelhante ao plasma do qual foram removidas as proteínas sangüíneas. O processo de filtração envolve a passagem através de três barreiras físicas (Figura 26.8d):

1. *O endotélio capilar:* Os capilares glomerulares são *capilares fenestrados* com poros variando de 60 a 100 nm de diâmetro (0,06 a 0,1 μm). pág. 575 Estas aberturas são pequenas o suficiente para evitar a passagem de células sangüíneas, mas não para restringir a difusão de solutos, mesmo os do tamanho das proteínas do plasma.
2. *A lâmina basal*: A lâmina basal que envolve o endotélio capilar apresenta uma lâmina densa cuja densidade e espessura é muitas vezes maior do que a de uma lâmina basal típica. A lâmina densa do glomérulo renal restringe a passagem das proteínas plasmáticas maiores, mas permite o trânsito de proteínas plasmáticas menores, nutrientes e íons. Diferentemente das outras lâminas basais no corpo, a lâmina densa pode envolver dois ou mais capilares. Quando o faz, **células**

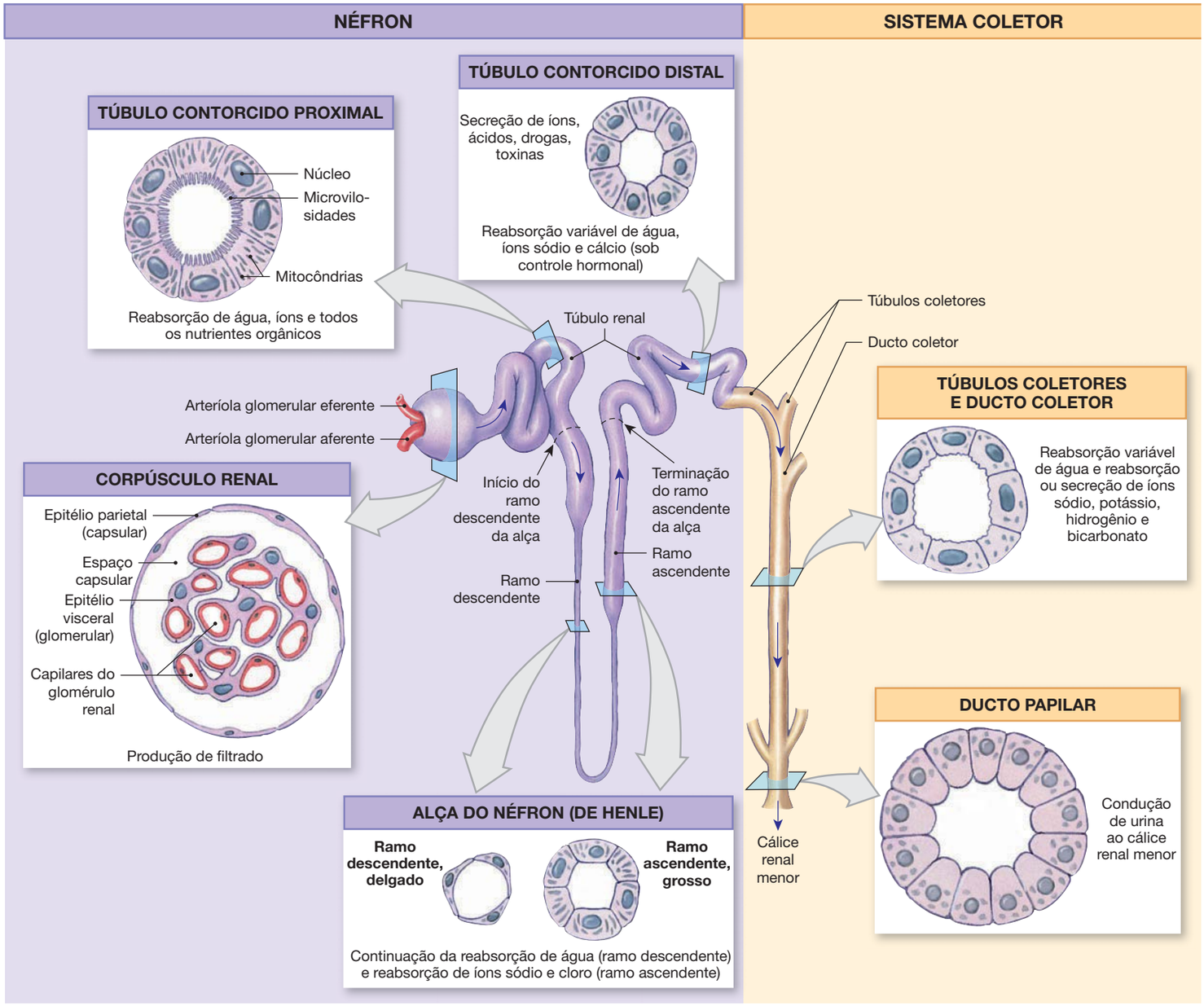


Figura 26.6 Um néfron típico.
Vista diagramática mostrando a estrutura histológica e as principais funções de cada segmento do néfron (roxo) e do sistema coletor (amarelo).

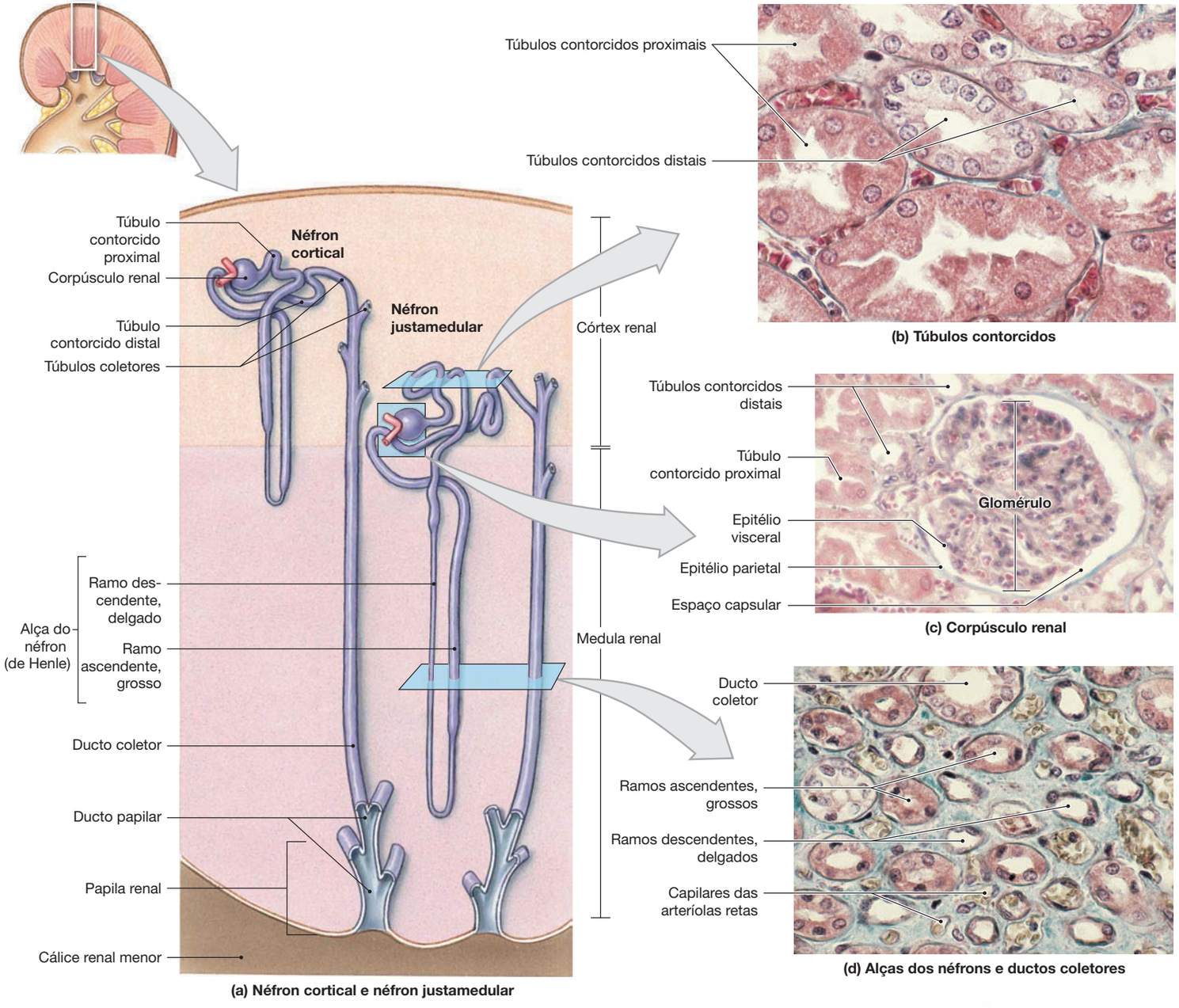
mesangiais situam-se entre células endoteliais de capilares adjacentes. As células mesangiais (1) oferecem sustentação física aos capilares, (2) fagocitam matérias orgânicas que de outro modo poderiam obstruir a lâmina densa e (3) regulam os diâmetros dos capilares glomerulares, dessa forma desempenhando função na regulação da filtração e do fluxo sangüíneo glomerular.

3. *O epitélio glomerular*: Os podócitos apresentam longos processos celulares que envolvem as superfícies externas da lâmina basal. Esses delicados "pés", ou **processos secundários** (Figura 26.8d,e), estão separados por espaços estreitos denominados **fendas de filtração.** Como as fendas de filtração são muito estreitas, o filtrado que chega ao espaço capsular é composto de água com íons dissolvidos, pequenas moléculas orgânicas e poucas ou nenhuma proteína plasmática.

Além dos resíduos metabólicos, o filtrado contém outros compostos orgânicos como glicose, ácidos graxos livres, aminoácidos e vitaminas. Estes materiais potencialmente úteis são reabsorvidos pelo túbulo contorcido proximal.

O túbulo contorcido proximal [Figuras 26.6/26.7a,b/26.8c]

O túbulo contorcido proximal (TCP) é a primeira parte do túbulo renal. A entrada para o TCP localiza-se quase em oposição ao pólo vascular do corpúsculo renal, no **pólo tubular** do corpúsculo renal (Figura 26.8c). O revestimento do TCP consiste em um epitélio cubóide simples, cujas superfícies apicais são recobertas por microvilosidades, aumentando a área para reabsorção (Figuras 26.6 e 26.7a,b). Estas células absorvem ativamente nutrientes orgânicos, íons e proteínas plasmáticas (quando presentes) a partir do filtrado conforme ele passa ao longo do TCP. À medida que estes solutos vão sendo absorvidos, forças osmóticas deslocam a água através da parede do TCP e em direção ao líquido intersticial circundante, que é denominado *líquido peritubular*. A função primordial do TCP é a



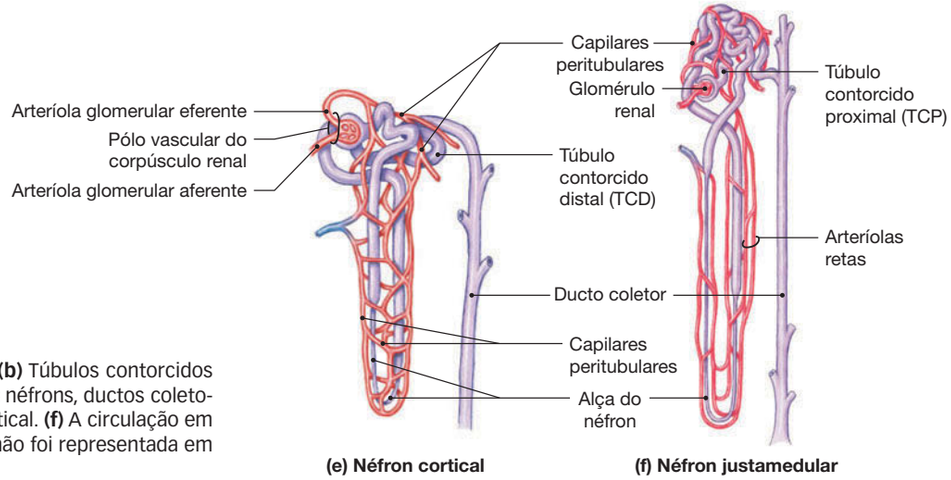
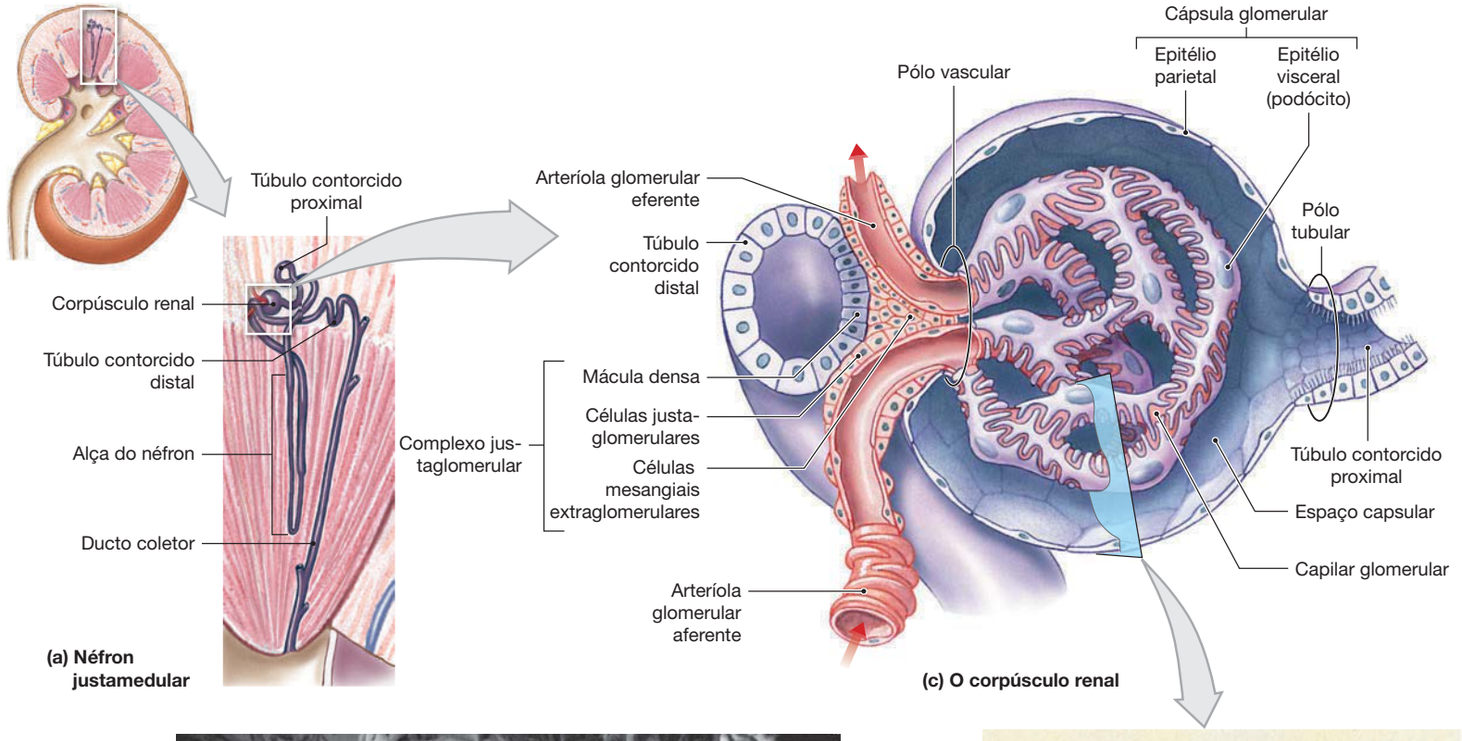
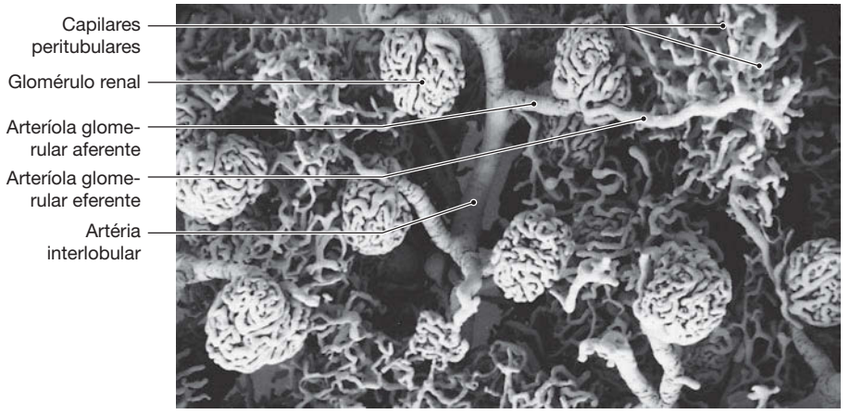
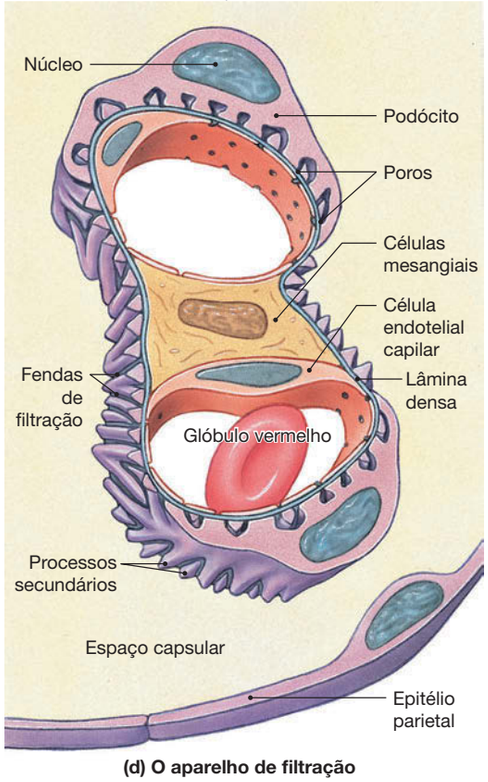


Figura 26.7 Histologia do néfron.
(a) Orientação dos néfrons corticais e justamedulares. **(b)** Túbulos contorcidos proximais e distais. **(c)** O corpúsculo renal. **(d)** Alças dos néfrons, ductos coletores e arteríolas retas. **(e)** A circulação em um néfron cortical. **(f)** A circulação em um néfron justamedular. A extensão da alça do néfron não foi representada em escala.

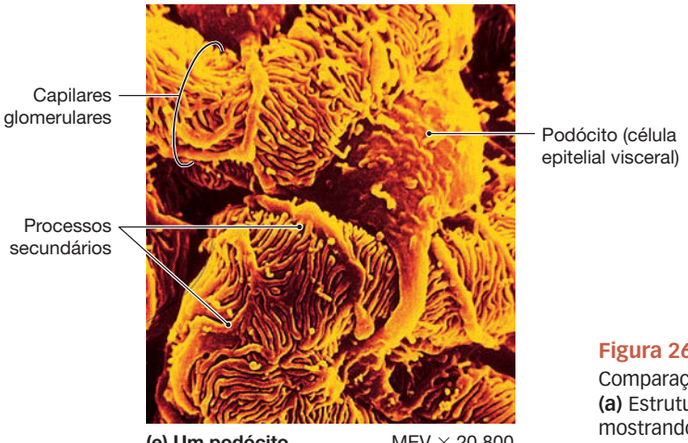




(b) Glomérulos renais e vasos sangüíneos associados MEV × 94



(d) O aparelho de filtração



(e) Um podócito MEV × 20.800

Figura 26.8 O corpúsculo renal.
Comparação entre uma imagem diagramática e uma micrografia eletrônica de varredura (MEV). **(a)** Estrutura e localização de um néfron justamedular. **(b)** MEV de vários corpúsculos renais, mostrando suas estruturas tridimensionalmente. [© R. G. Kessel e R. H. Kardon, "Tissues and Organs: A Text-Atlas of Scanning Electron Microscopy," W. H. Freeman & Co., 1979. Todos os direitos reservados.] **(c)** O corpúsculo renal. As setas indicam o trajeto do fluxo sangüíneo. **(d)** Representação do aparelho de filtração. **(e)** MEV colorida de uma micrografia eletrônica da superfície de um glomérulo renal, mostrando podócitos individuais e processos secundários.

absorção. Conforme o líquido passa ao longo do TCP, as células epiteliais reabsorvem virtualmente todos os nutrientes orgânicos e as proteínas plasmáticas e 60% dos íons sódio, íons cloro e água. O TCP também absorve ativamente íons potássio, cálcio, magnésio, bicarbonato, fosfato e sulfato.

A alça do néfron (de Henle) [Figuras 26.6/26.7a,d]

O túbulo contorcido proximal termina-se em uma curva acentuada que o direciona para a medula renal. Essa curva marca o início da alça do néfron (Figura 26.7a,d). A alça do néfron pode ser dividida em **ramo descendente** e **ramo ascendente**. O ramo descendente faz trajeto em direção à pelve renal, e o ascendente retorna em direção ao córtex renal. Cada ramo contém um **segmento grosso** e um **segmento delgado** (Figuras 26.6 e 26.7a,d). [Os termos *delgado* e *grosso* referem-se à espessura do epitélio e não ao diâmetro da cavidade (luz) do túbulo.]

Os segmentos grossos são os encontrados mais próximos ao córtex, enquanto os segmentos delgados localizam-se nas porções mais profundas da medula renal, revestidos por um epitélio escamoso. O espesso ramo ascendente, que se inicia profundamente na medula, contém mecanismos de transporte ativo que bombeiam íons sódio e cloro para fora do líquido tubular. Como resultado desta atividade de transporte, o líquido intersticial medular contém concentrações extremamente elevadas de solutos. A concentração de solutos em geral é expressa em miliosmols (mOsml). Nas proximidades da base da alça, na parte mais profunda da medula renal, a concentração do líquido intersticial é aproximadamente quatro vezes maior que a do plasma (1.200 mOsmls *versus* 300 mOsmls). Os ramos delgados ascendentes e descendentes apresentam livre permeabilidade à água, mas são relativamente impermeáveis aos íons e outros solutos. A alta concentração osmótica ao redor da alça do néfron resulta em um fluxo de água para o exterior do néfron. Essa água é absorvida por capilares delgados das **arteríolas retas**, que retornam o líquido para a circulação geral.

O efeito em rede é que a alça do néfron reabsorve um adicional de 25% da água do líquido tubular e percentuais ainda maiores de íons sódio e cloro. A reabsorção no TCP e na alça do néfron normalmente recupera todos os nutrientes orgânicos, 85% da água e mais de 90% dos íons sódio e cloro. O restante de água, íons e todos os resíduos orgânicos filtrados no glomérulo renal permanecem na alça do néfron e atingem o túbulo contorcido distal.

O túbulo contorcido distal [Figuras 26.6/26.7b,c/26.8a,c,d]

O ramo ascendente da alça do néfron termina quando ele forma um ângulo agudo que posiciona a parede tubular em contato íntimo com o glomérulo renal e os vasos que o acompanham. O túbulo contorcido distal (TCD) inicia-se nesta curva. A porção inicial do TCD cruza o pólo vascular do corpúsculo renal, passando entre as arteríolas glomerulares aferente e eferente (Figura 26.8a,c,d).

Visto em secção transversal (Figuras 26.6 e 26.7b,c), o TCD difere do TCP nos seguintes aspectos: (1) o TCD tem diâmetro menor, (2) as células epiteliais do TCD não apresentam microvilosidades e (3) os limites entre as células epiteliais do TCD são evidentes. Estas características refletem as principais diferenças funcionais entre as duas regiões dos túbulos contorcidos: o TCP está envolvido primordialmente com a reabsorção, enquanto o TCD está envolvido principalmente com a secreção.

O túbulo contorcido distal é um importante local para (1) a secreção ativa de íons, ácidos e outros materiais; (2) a reabsorção seletiva de íons sódio e cálcio do líquido tubular; e (3) a reabsorção seletiva de água, o que contribui para concentrar o líquido tubular. As atividades de transporte de sódio que ocorrem no TCD são reguladas pelos níveis de *aldosterona* circulante, secretada pelo córtex da glândula supra-renal. pág. 516

O complexo justaglomerular [Figura 26.8c] As células epiteliais no túbulo contorcido distal imediatamente adjacentes à arteríola glomerular aferente no pólo vascular do glomérulo são mais alongadas do que as observadas em outros locais ao longo do TCD. Esta região do TCD, detalhada na Figura 26.8c, é denominada **mácula densa**. Essas células monitoram a concentração de eletrólitos (especificamente dos íons sódio e cloro) no líquido tubular. As células da mácula densa estão intimamente associadas a fibras diferenciadas de músculo liso na parede da arteríola glomerular aferente. Essas fibras musculares são conhecidas como **células justaglomerulares** (*justa*, perto). As **células mesangiais extraglomerulares** ocupam o espaço entre o glomérulo, as arteríolas glomerulares aferente e eferente e o TCD. Juntamente com a mácula densa, as células justaglomerulares e as células mesangiais extraglomerulares constituem o **complexo justaglomerular**, ou *aparelho justaglomerular,* uma estrutura endócrina que secreta dois hormônios: a *renina* e a *eritropoetina,* descritos no Capítulo 19. pág. 518 Esses hormônios, liberados quando a pressão sangüínea renal, o fluxo sangüíneo ou o nível de oxigênio local diminuem, causam aumento da volemia, dos níveis de hemoglobina e da pressão sangüínea, restaurando assim a velocidade e a proporção normal de produção de filtrado.

O sistema coletor [Figuras 26.6/26.7a,d,e,f]

O túbulo contorcido distal, o último segmento do néfron, abre-se para o sistema coletor, que consiste em *túbulos coletores, ductos coletores* e *ductos papilares* (Figura 26.7a,d). Os túbulos coletores individuais conectam cada néfron ao ducto coletor mais próximo (Figura 26.7a,e,f). Cada ducto coletor recebe líquido de vários túbulos coletores, drenando néfrons corticais e justamedulares. Vários ductos coletores convergem para esvaziarem-se no ducto papilar maior, que se esvazia em um cálice renal menor, deste para um cálice renal maior e finalmente para a pelve renal. O epitélio de revestimento do sistema coletor inicia-se como um epitélio cubóide simples, nos túbulos coletores, e se transforma em um epitélio colunar nos ductos coletores e papilares (Figura 26.6).

Além de transportar líquido tubular dos néfrons à pelve renal, o sistema coletor faz os ajustes finais em sua concentração osmótica e volume. O mecanismo regulador modifica a permeabilidade dos ductos coletores à água. Esta modificação é importante porque os ductos coletores passam através da medula, onde a alça do néfron estabeleceu concentrações elevadas de soluto no líquido intersticial. Se a permeabilidade do ducto coletor for baixa, a maior parte do líquido tubular que chega ao ducto coletor irá para a pelve renal e a urina será diluída. Por outro lado, se a permeabilidade do ducto coletor for alta, o fluxo osmótico da água para o exterior do ducto e em direção à medula renal estará aumentado. Isso resultará em uma pequena quantidade de urina altamente concentrada. O hormônio antidiurético (HAD ou vasopressina) é responsável pelo controle da permeabilidade do sistema coletor. pág. 510 Quanto mais elevados os níveis de HAD circulante, maior a quantidade de água reabsorvida e mais concentrada a urina.

REVISÃO DOS CONCEITOS

1. Descreva o trajeto de uma gota de sangue desde a artéria renal até um glomérulo, e de volta para a veia renal.
2. Descreva o trajeto do filtrado ao ser conduzido de um glomérulo renal a um cálice renal menor.
3. Explique por que a filtração isoladamente não é suficiente para a produção da urina.
4. Qual é a função da alça do néfron?

Veja a seção de Respostas na parte final do livro.

Nota clínica

Avanços no tratamento da insuficiência renal Um rim normal é suficiente para filtrar o sangue e manter a homeostase. A insuficiência renal não se manifestará a menos que os dois rins estejam lesados. O controle da insuficiência renal crônica tipicamente restringe a ingestão de água e de sal e minimiza a quantidade de proteínas na dieta. Esta combinação reduz a sobrecarga no sistema urinário, minimizando o volume de urina produzida e evitando a geração de grandes quantidades de resíduos nitrogenados.

Se o controle nutricional e medicamentoso não for suficiente para estabilizar a composição do sangue, medidas mais drásticas são adotadas. Na **hemodiálise**, uma máquina de diálise contendo uma membrana artificial é utilizada para regularizar a composição do sangue. Para a diálise renal temporária, um tubo de silicone (*shunt*) é introduzido entre uma artéria e uma veia de médio calibre. (A localização típica é no antebraço, embora algumas vezes a perna seja utilizada.) Enquanto conectado à máquina de diálise, o paciente permanece sentado, em repouso, à medida que o sangue circula do *shunt* arterial para dentro da máquina, retornando pelo *shunt* venoso. O fluxo de sangue do paciente passa por um dos lados de uma *membrana* artificial seletivamente permeável, que contém poros suficientemente grandes para permitir a difusão de pequenos íons, mas pequenos o suficiente para evitar a perda de proteínas plasmáticas. Do outro lado da membrana flui um líquido especial, denominado *líquido de diálise*. Conforme ocorre a difusão através da membrana, a composição do sangue é modificada. Íons potássio, fosfato e sulfato, além de uréia, creatinina e ácido úrico, difundem-se para o líquido de diálise. Íons bicarbonato e glicose difundem-se para a corrente sangüínea. Na realidade, a difusão através da membrana de diálise substitui a filtração glomerular normal. As características do líquido de diálise podem ser modificadas para cada paciente de modo a garantir a permanência de metabólitos importantes na corrente sangüínea, evitando sua difusão através da membrana.

Como alternativa à hemodiálise, a **diálise peritoneal** utiliza o revestimento peritoneal como uma membrana de diálise. O líquido de diálise é introduzido no peritônio através de um cateter na parede abdominal, sendo retirado e reintroduzido em intervalos de tempo. Um único procedimento envolve um ciclo de dois litros de líquido em uma hora: 15 minutos para infusão, 30 minutos para trocas e 15 minutos para a remoção do líquido. Esse procedimento pode ser realizado em ambiente hospitalar ou domiciliar. Na **diálise peritoneal ambulatorial contínua (DPAC)**, o paciente faz uma auto-administração de 2 litros de líquido de diálise através do cateter e permanece em atividade normal por um período de até 4 a 6 horas, quando o líquido de diálise no corpo é substituído por liquido de diálise novo.

Provavelmente a solução mais satisfatória para a qualidade de vida global do paciente seja o *transplante renal*: a implantação de um novo rim, obtido de um doador vivo ou de um cadáver. O rim danificado é removido e seu suprimento sangüíneo é ligado ao do transplantado. Um enxerto arterial é introduzido para a condução do sangue da artéria ilíaca ou da aorta ao órgão transplantado, o qual é colocado na cavidade pélvica ou na parte inferior da cavidade abdominal. O índice de sucesso para o transplante renal varia; atualmente, 85 a 95% dos transplantes são bem-sucedidos no primeiro ano. O uso de rins doados por parentes próximos aumenta significativamente as chances de que o transplante seja bem-sucedido por cinco anos ou mais. Drogas imunossupressoras são utilizadas para reduzir a rejeição tecidual, porém este tratamento também diminui a resistência do paciente a infecções.

Estruturas para transporte, armazenamento e eliminação da urina [Figura 26.9c]

A modificação do filtrado e a produção da urina terminam quando o líquido atinge o cálice renal menor. As partes remanescentes do sistema urinário (os *ureteres*, a *bexiga urinária* e a *uretra*) são responsáveis pelo transporte, pelo armazenamento e pela eliminação da urina. A **Figura 26.9c** oferece uma orientação a respeito dos tamanhos relativos e posições destes órgãos.

Os cálices renais maiores e menores, a pelve renal, os ureteres, a bexiga urinária e a porção proximal da uretra são revestidos por um *epitélio de transição* resistente a ciclos de distensão e contração sem sofrer danos. ∞ pág. 57

Os ureteres [Figuras 26.1a,b/26.2/26.3/26.9c/26.10]

Os ureteres são um par de tubos musculares que se estendem inferiormente por cerca de 30 cm a partir dos rins, antes de atingir a bexiga urinária (**Figura 26.1a,b, pág. 695**). Cada ureter inicia-se como uma continuação da pelve renal, de formato semelhante ao de um funil, através do hilo renal (**Figuras 26.3, pág. 697** e **26.9c**). Conforme os ureteres estendem-se até a bexiga urinária, passam ínfero-medialmente ao músculo psoas maior. Os ureteres são retroperitoneais e firmemente fixos à parede posterior do abdome (**Figura 26.2, pág. 696**). O trajeto dos ureteres, ao se aproximarem da parede da bexiga urinária, difere entre homens e mulheres por causa de variações de natureza, dimensões e posição dos órgãos genitais (**Figura 26.10a,b**).

Os ureteres penetram a parede posterior da bexiga urinária, mas não adentram a cavidade peritoneal. Passam através da parede da bexiga em um ângulo oblíquo, e o **óstio do ureter** assemelha-se mais a uma fenda do que a uma abertura arredondada (**Figura 26.10**). Este formato é útil para prevenir o fluxo retrógado de urina em direção ao ureter e aos rins quando a bexiga urinária se contrai.

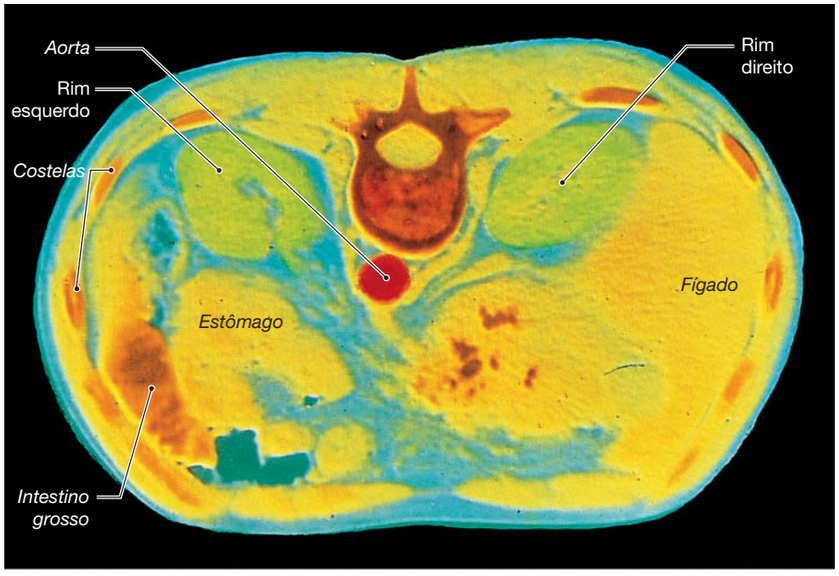
Histologia dos ureteres [Figura 26.11a]

A parede de cada ureter é composta de três camadas: (1) uma mucosa interna revestida por um epitélio de transição, (2) uma túnica muscular média constituída por uma camada longitudinal (interna) e uma camada circular (externa) de músculo liso e (3) uma túnica mais externa de tecido conectivo (adventícia) que é contínua com a cápsula fibrosa e o peritônio (**Figura 26.11a**). Iniciando-se no rim, contrações peristálticas da parede muscular são deflagradas pelo estímulo de receptores ao estiramento na parede do ureter aproximadamente a cada meio minuto. Essas contrações "ordenham" a urina para o exterior da pelve renal, ao longo do ureter e para a bexiga urinária.

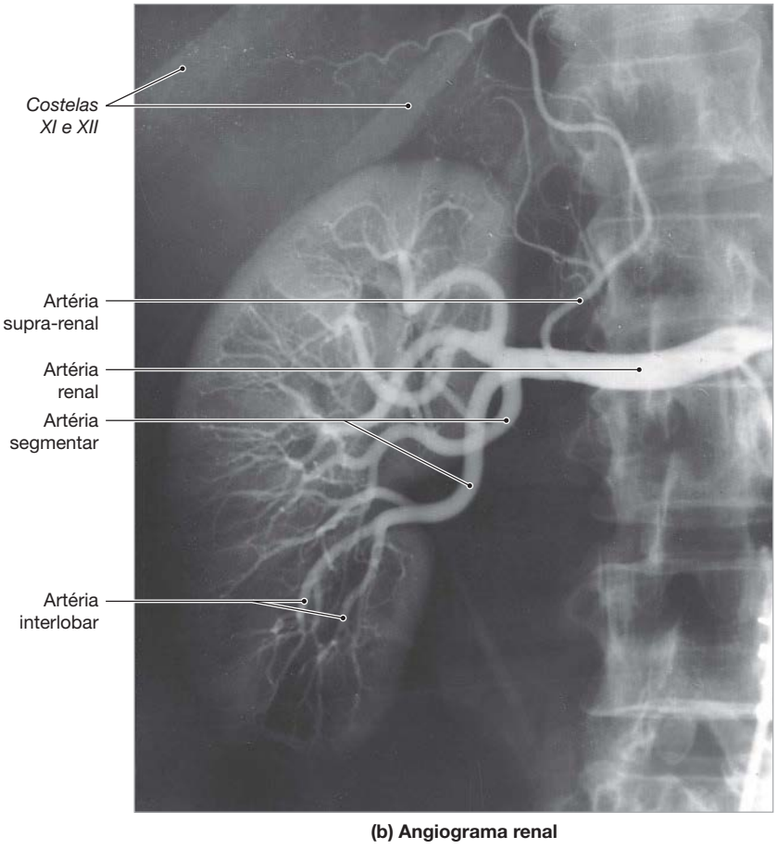
A bexiga urinária [Figura 26.10b,c]

A bexiga urinária é um órgão muscular oco que funciona como um reservatório temporário da urina. No homem, o corpo da bexiga urinária localiza-se entre o reto e a sínfise púbica; na mulher, o corpo da bexiga urinária situa-se inferiormente ao útero e anteriormente à vagina. As dimensões da bexiga urinária variam dependendo do seu estado de distensão, porém a bexiga urinária cheia pode conter aproximadamente um litro de urina.

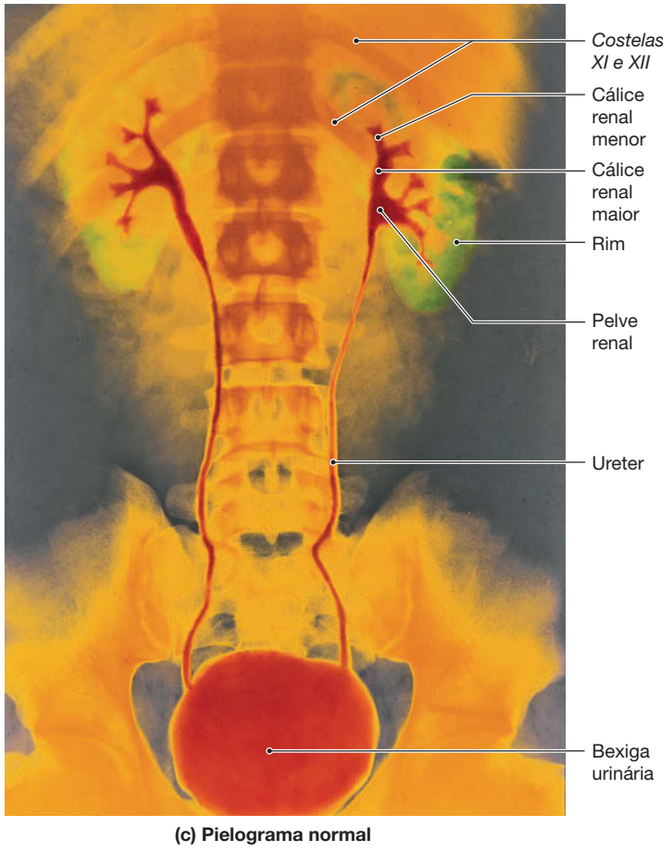
A superfície superior da bexiga urinária é recoberta por uma camada de peritônio; vários ligamentos peritoneais auxiliam na estabilização da posição da bexiga. O **ligamento umbilical mediano** estende-se da margem ântero-superior da bexiga urinária até o umbigo (**Figura 26.10b,c**). Os dois **ligamentos umbilicais mediais** passam ao longo dos lados da bexiga urinária e também atingem o umbigo. Esses cordões fibrosos contêm vestígios das duas *artérias umbilicais (parte oclusa)* que conduziram o sangue para a placenta durante o desenvolvimento embrionário e fetal. ∞ pág. 599 A maior parte das superfícies (posterior, inferior e anterior) da bexiga uriná-



(a) TC colorida



(b) Angiograma renal



(c) Pielograma normal

Figura 26.9 Imagens do sistema urinário.
(a) Imagem de tomografia computadorizada (TC) mostrando a posição dos rins em secção transversal do tronco, vista inferior. **(b)** Um arteriograma do rim direito. A arteriografia envolve a administração de substância radiopaca que permite a visualização dos vasos sangüíneos ao raio X. **(c)** Esta radiografia colorida foi obtida após administração endovenosa de contraste radiopaco filtrado na urina. Esta imagem é conhecida como *pielograma,* e o procedimento para sua obtenção é geralmente denominado PEV (pielografia endovenosa).

ria não tem revestimento peritoneal. Nessas áreas, ligamentos resistentes ancoram a bexiga urinária aos ossos da pelve (púbis).

Na vista em secção (Figura 26.10 c), a túnica mucosa de revestimento da bexiga urinária geralmente apresenta-se disposta em **pregas**, que desaparecem quando a bexiga se distende e preenche-se de urina. A área triangular delimitada pelos óstios dos ureteres e pelo óstio interno da uretra constitui o **trígono da bexiga**. A túnica mucosa aqui não apresenta pregas, é lisa e bastante espessa. O trígono atua como um funil que direciona a urina para o interior da uretra quando a bexiga urinária se contrai.

O início da uretra localiza-se no ápice do trígono*, no ponto mais inferior da bexiga. A região em torno do óstio interno da uretra, conhecida como **colo da bexiga urinária**, contém o **esfincter interno da uretra** (Figura 26.10b,c). O músculo liso do esfincter interno da uretra oferece o controle involuntário sobre a eliminação de urina pela bexiga urinária. Esta é inervada por fibras pós-ganglionares de gânglios no *plexo hipogás-*

* N. de R.T. O ápice do trígono é um ponto não considerado pela Terminologia Anatômica e corresponde, na verdade, ao ponto mais caudal do trígono da bexiga, onde se situa o óstio interno da uretra.

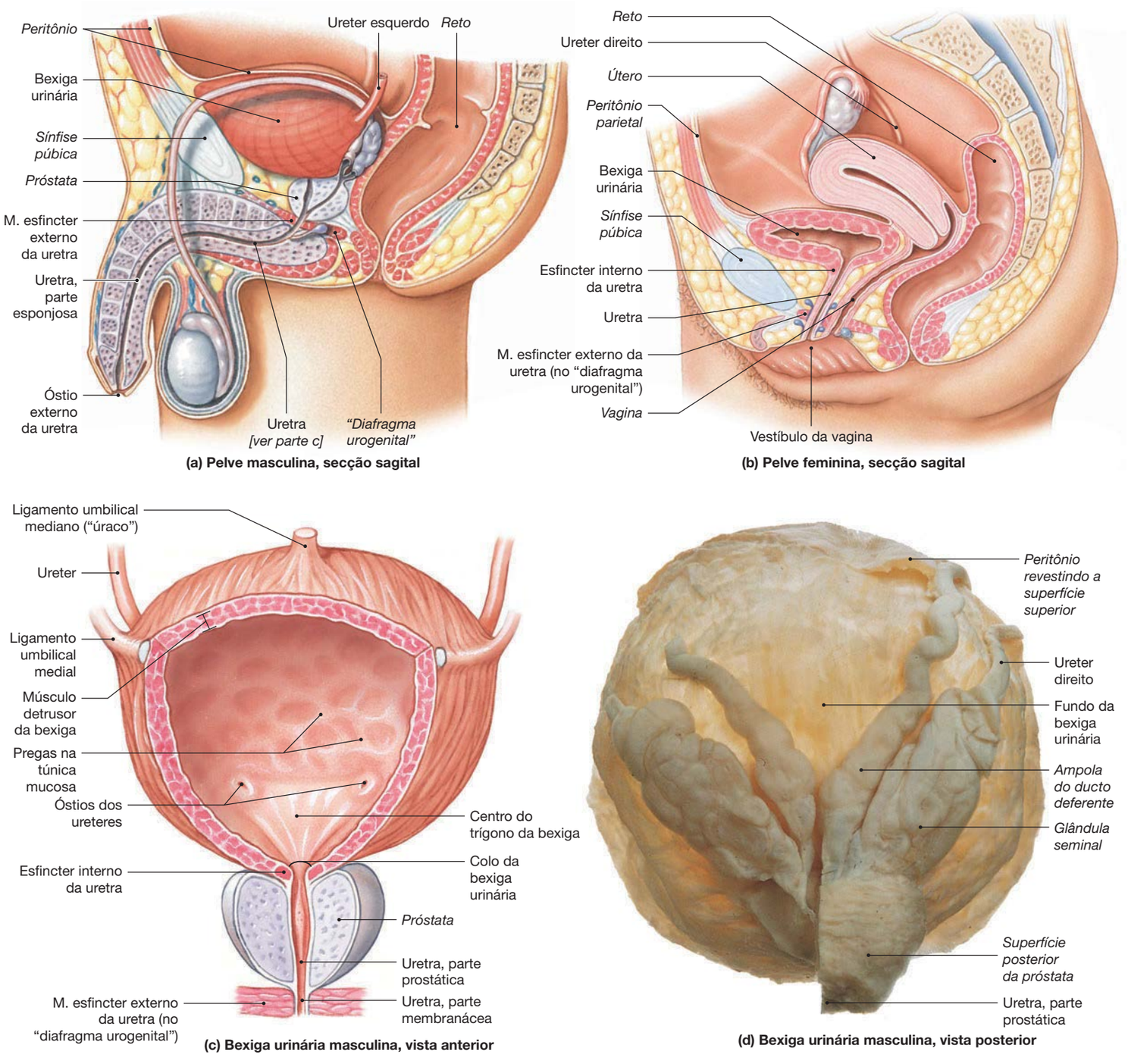


Figura 26.10 Órgãos responsáveis pelo transporte e armazenamento de urina.
(a) Posição do ureter, da bexiga urinária e da uretra no homem. **(b)** Posição destes órgãos na mulher. **(c)** Anatomia da bexiga urinária no homem. **(d)** A bexiga urinária masculina e órgão genitais acessórios, vista posterior.

trico e por fibras parassimpáticas de gânglios intramurais que são controlados por ramos de nervos pélvicos. pág. 463

Histologia da bexiga urinária [Figura 26.11b]

A parede da bexiga urinária contém uma túnica mucosa constituída por epitélio de transição, uma tela submucosa e uma túnica muscular (Figura 26.11b). A túnica muscular consiste em três camadas: duas camadas musculares lisas longitudinais (interna e externa) com uma camada muscular circular disposta entre elas. Coletivamente, essas camadas formam o poderoso **músculo detrusor da bexiga**. A contração desse músculo comprime a bexiga e expele o seu conteúdo para o interior da uretra. Uma túnica serosa reveste a superfície superior da bexiga urinária.

A uretra [Figura 26.10]

A uretra se estende a partir do colo da bexiga urinária (óstio interno da uretra) (Figura 26.10c) até o óstio externo da uretra, em comunicação com o meio exterior. A uretra masculina difere da feminina em extensão e

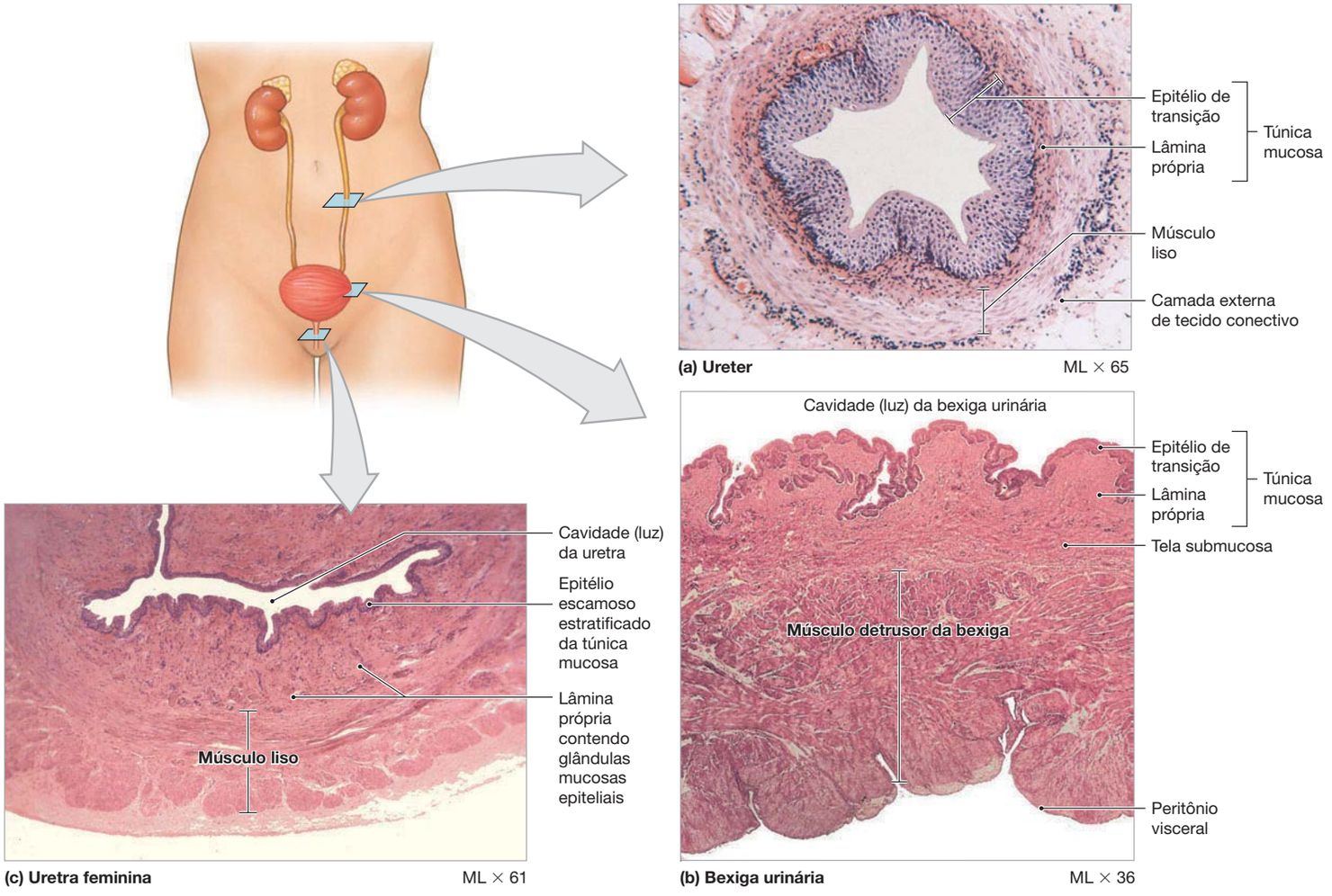


Figura 26.11 Histologia dos órgãos de transporte e de armazenamento.
(a) Secção transversal de um ureter. Observe a camada espessa de músculo liso ao redor da cavidade. **(b)** A parede da bexiga urinária. **(c)** Secção transversal de uretra feminina.

Nota clínica

Problemas com o sistema coletor Bloqueios locais dos túbulos coletores, ductos coletores ou nos ureteres podem resultar da formação de pequenos coágulos sangüíneos, células epiteliais, lipídeos ou outros materiais chamados coletivamente de **sedimentos**. Esses sedimentos são muitas vezes excretados na urina e são visíveis na análise microscópica de amostras de urina. **Cálculos**, ou "pedras no rim", formam-se por depósitos de cálcio, sais de magnésio, ou cristais de ácido úrico, resultando em uma condição chamada de **nefrolitíase**. A **obstrução urinária** causada por cálculos renais ou outros fatores, como compressão externa, é um problema doloroso e grave porque reduz ou elimina a filtração no rim afetado. Se a peristalse e a pressão resultante do acúmulo de urina não forem suficientes para deslocá-los e os expelir, os cálculos devem ser removidos cirurgicamente ou destruídos. Uma alternativa não-cirúrgica é a quebra das pedras por meio da litotripsia, um processo semelhante ao utilizado para a destruição dos cálculos biliares (ou "pedras na vesícula").

função. A uretra feminina é muito curta, medindo entre 3 e 5 cm desde a bexiga urinária até o vestíbulo da vagina (Figura 26.10b). O **óstio externo da uretra** situa-se nas proximidades da parede anterior da vagina.

No homem, a uretra se estende do colo da bexiga urinária até a extremidade do pênis, uma distância aproximada de 18 a 20 cm. A uretra masculina pode ser subdividida em três porções (Figura 26.10a,c,d): (1) *parte prostática*, (2) *parte membranácea* e (3) *parte esponjosa*.

A **parte prostática da uretra** passa pelo centro da próstata (Figura 26.10c). A **parte membranácea** inclui o curto segmento que penetra o "diafragma urogenital", parte do soalho muscular da pelve. ∞ págs. 280-281 A **parte esponjosa**, ou "*parte peniana*", estende-se da superfície inferior do "diafragma urogenital" ao óstio externo da uretra, na extremidade do pênis (Figura 26.10a). As diferenças funcionais entre essas regiões serão consideradas no Capítulo 27.

Em ambos os sexos, conforme a uretra passa através do "diafragma urogenital", uma faixa circular de músculo esquelético constitui o **músculo esfincter externo da uretra**. ∞ págs. 280-281 As contrações dos músculos esfincter externo e esfincter interno da uretra são controladas por ramos do plexo hipogástrico. Somente o músculo esfincter externo da uretra pode ser controlado voluntariamente, por meio do nervo perineal do nervo pudendo. ∞ pág. 281 O músculo esfincter externo da uretra

apresenta um tono muscular de repouso que geralmente diminui, possibilitando o seu relaxamento voluntário e permitindo a micção. A inervação autônoma desse músculo se torna importante apenas na ausência do controle voluntário, como se observa em crianças ou em adultos após lesões da medula espinal. (Consulte a seção sobre o reflexo de micção.)

Histologia da uretra [Figura 26.11c]

Na mulher, o revestimento da uretra é geralmente constituído por um epitélio de transição nas proximidades do colo da bexiga urinária. O restante da uretra é tipicamente revestido por um epitélio escamoso estratificado (**Figura 26.11c**). A lâmina própria contém uma extensa rede de veias, e este complexo é envolvido por camadas concêntricas de musculatura lisa.

No homem, a organização histológica da uretra varia ao longo de sua extensão. A partir do colo da bexiga urinária até o óstio externo da uretra, o tipo de epitélio modifica-se, passando de epitélio de transição para epitélio colunar pseudo-estratificado ou colunar estratificado, e depois para epitélio escamoso estratificado. A lâmina própria é espessa e elástica; a túnica mucosa dispõe-se em pregas longitudinais. Células secretoras de muco são encontradas em bolsas e, no homem, as glândulas mucosas epiteliais podem formar túbulos que se estendem para o interior da lâmina própria. Tecido conectivo da lâmina própria une a uretra às estruturas adjacentes.

O reflexo de micção e diurese

A urina alcança a bexiga urinária por meio das contrações peristálticas dos ureteres. O processo de micção, que corresponde ao esvaziamento da bexiga urinária, é coordenado pelo **reflexo de micção**. Receptores de estiramento na parede da bexiga urinária são estimulados conforme ela preenche-se de urina. Fibras sensitivas dos nervos pélvicos conduzem os impulsos gerados aos segmentos sacrais da medula espinal. Seus níveis de atividade aumentados (1) ativam neurônios motores parassimpáticos do segmento sacral da medula espinal, (2) estimulam a contração da bexiga urinária e (3) estimulam os interneurônios que transmitem sensações para o córtex cerebral. Como resultado, adquire-se consciência da pressão dos líquidos na bexiga urinária. O desejo de urinar inicia-se quando a bexiga urinária contém aproximadamente 200 mL de urina. A micção voluntária envolve o relaxamento do músculo esfincter externo da uretra e a facilitação subconsciente do reflexo de micção. Quando o músculo esfincter externo da uretra está relaxado, o sistema nervoso autônomo promove o relaxamento do esfincter interno da uretra por um mecanismo de retroalimentação (*feedback*). A tensão dos músculos abdominais e expiratórios aumenta a pressão abdominal e contribui para a compressão da bexiga urinária. Ao término de uma micção típica, a bexiga urinária contém menos de 10 mL de urina. Na ausência de relaxamento voluntário do músculo esfincter externo da uretra, o relaxamento reflexo de ambos os esfincteres poderá finalmente ocorrer conforme a bexiga urinária se aproxima de sua capacidade.

REVISÃO DOS CONCEITOS

1. A obstrução de um ureter por um cálculo renal interferiria no fluxo de urina entre dois pontos. Quais são esses pontos?
2. Explique como o revestimento da bexiga urinária possibilita a sua distensão.
3. Por que as mulheres são mais suscetíveis a infecções do trato urinário do que os homens?
4. Como a bexiga urinária se mantém em posição?

Veja a seção de Respostas na parte final do livro.

Nota clínica

Infecções do trato urinário As **infecções do trato urinário (ITU)** resultam da formação de colônias de bactérias ou fungos no trato urinário. A bactéria intestinal *Escherichia coli* é a mais comumente envolvida, e as mulheres são particularmente suscetíveis às infecções do trato urinário devido à estreita proximidade entre o óstio externo da uretra e o ânus. A relação sexual também pode levar bactérias para a uretra e atingir a bexiga urinária pelo fato de a uretra feminina ser relativamente curta.

A condição pode ser assintomática, mas pode ser detectada pela presença de bactérias e células sangüíneas na urina. Quando ocorre uma inflamação da parede da uretra, a alteração é denominada **uretrite**, ao passo que a inflamação do revestimento da bexiga urinária é denominada **cistite**. Muitas infecções afetam as duas regiões em algum grau. O ato de urinar torna-se doloroso, um sintoma conhecido como **disúria**, e a bexiga torna-se sensível à pressão. Apesar do desconforto, o indivíduo sente urgência miccional. Infecções do trato urinário geralmente respondem à terapêutica com antibióticos, porém infecções subseqüentes podem ocorrer.

Em casos não-tratados, as bactérias podem avançar em trajeto ascendente pelo ureter e atingir a pelve renal. A resultante inflamação das paredes da pelve renal produz a **pielite**. Se as bactérias invadem o córtex e a medula renal, ocorre a **pielonefrite**. Os sinais e sintomas da pielonefrite incluem febre alta, dor intensa no lado afetado, vômitos, diarréia e a presença de células sangüíneas e pus na urina.

Envelhecimento e sistema urinário

Em geral, o envelhecimento está associado com um aumento na incidência de problemas renais.

As alterações do sistema urinário relacionadas à idade incluem:

1. *Diminuição do número de néfrons funcionais:* O número total de néfrons cai em torno de 30 a 40% entre as idades de 25 a 85 anos.
2. *Redução na filtração glomerular:* Essa redução resulta da diminuição do número de glomérulos, lesão cumulativa do aparelho de filtração nos glomérulos remanescentes e reduções no fluxo sangüíneo renal.
3. *Redução da sensibilidade ao HAD:* Com a idade, as porções do néfron e todo o sistema coletor tornam-se menos responsivos à ação do HAD. Com a menor absorção de água e íons sódio, a micção torna-se mais freqüente, resultando no aumento da demanda de ingestão diária de líquidos.
4. *Problemas com o reflexo de micção:* Vários fatores estão envolvidos em tais problemas:
   - **a.** Os esfincteres perdem o tono muscular e tornam-se menos efetivos para a retenção voluntária da urina. Esta perda de tono resulta na *incontinência*, um lento vazamento de urina.
   - **b.** É freqüente a perda da capacidade de controle da micção após um acidente vascular encefálico, doença de Alzheimer ou outros problemas do SNC que afetem o córtex cerebral ou o hipotálamo.
   - **c.** Em homens, pode ocorrer **retenção urinária** secundariamente à inflamação crônica da próstata. Nesta situação, o edema e a deformação dos tecidos da próstata comprimem a parte prostática da uretra, impedindo o fluxo da urina.

Resumo de embriologia

Para uma introdução ao desenvolvimento do sistema urinário, consulte o Capítulo 28 (Embriologia e Desenvolvimento Humano).

Caso clínico

O SISTEMA URINÁRIO

POR QUE ELA FICOU GRAVEMENTE DOENTE E EU NÃO?

Exame inicial

Júlia é terceiro-anista em uma pequena faculdade, no Small Midwestern College Campus, e no final de semana, convidou Dani, sua irmã de 7 anos de idade, para passar o dia com ela no campus. As duas foram ao jogo de futebol americano, ao jogo de futebol feminino e ao cinema no sábado. Dani quis ir a um restaurante caseiro, localizado em uma pequena cidade distante 3 km do campus da faculdade de Júlia. Este restaurante tornou-se o favorito de Dani desde que Júlia iniciou seus estudos na faculdade, e ela sempre almoça lá, todos os semestres, quando vai com a família para buscar ou trazer Júlia, nos períodos semestrais de férias.

Duas a três horas após o almoço, Dani e Júlia começaram a sentir enjôo e tiveram diarréia. Ao longo do dia, a condição das duas piorou progressivamente e Júlia telefonou para se aconselhar com os pais, que as orientaram para irem ao hospital, onde chegaram por volta da meia-noite. O plantonista examinou as duas e observou o seguinte:

- As duas apresentavam hábito intestinal aumentado a cada 15 a 30 minutos nas últimas 5 a 6 horas.
- Júlia estava com temperatura corporal em torno de 38ºC, e Dani em torno de 38,5ºC.
- As duas apresentavam cólicas abdominais.
- As amostras de fezes apresentavam sangue.
- O hemograma completo apresentava contagem de glóbulos brancos acima de 10.000/mm^3.
- Amostras de fezes foram colhidas e encaminhadas para cultura.

O médico suspeitou de intoxicação alimentar bacteriana. As duas pacientes foram hidratadas com solução EV na sala de emergência e receberam orientação para aumentar a ingestão de líquidos em casa. O médico recebeu o resultado da cultura de fezes em 48 a 72 horas. Ele orientou as duas sobre a maneira apropriada de consumir alimentos, incluindo alface e carne pouco cozida. Ele explicou que o manuseio inadequado dos alimentos podia levar a um aumento do crescimento bacteriano no alimento, o que podia vencer os mecanismos de defesa gastrintestinais (como acidez gástrica) e causar intoxicação alimentar.

Três dias após, os pais de Dani ficaram preocupados, pois apesar de os telefonemas para Júlia confirmarem que ela parecia estar melhorando, sem febre e com menos diarréia, sua irmã Dani, de volta à casa dos pais, ainda apresentava temperatura corporal elevada (39ºC), diarréia persistente e manchas vermelhas esparsas na pele, apresentando também estado de letargia. Os pais voltaram ao pronto-socorro.

Exame de acompanhamento

Durante o exame, o pediatra explicou aos pais a suspeita de que Dani estivesse apresentando uma rara complicação da intoxicação alimentar, que, se não tratada imediatamente, pode levar à insuficiência renal. O médico notou o seguinte:

- Febre de 39,5ºC.
- Petéquias esparsas.
- Hemograma confirmando anemia, com hemoglobina de 7 g/dL.
- O exame de urina revela proteinúria, leucocitúria, hematúria e presença de sedimentos de glóbulos vermelhos.
- Níveis aumentados de nitrogênio-uréia e creatinina no sangue.
- A ultra-sonografia renal revela ausência de obstrução urinária.

Pontos a considerar

Ocasionalmente, todos os sistemas do corpo apresentam sinais ou sintomas que permitem ao médico combinar os vários indícios, o que idealmente levará ao correto diagnóstico. Tanto os sintomas apresentados pelo paciente quanto a análise e interpretação desses sintomas contribuem no trabalho de investigação da doença.

Para considerar o significado da informação apresentada neste caso, é necessário rever o material e as informações anatômicas apresentadas no Capítulo 26 sobre o sistema urinário. As questões a seguir servirão como roteiro para esta revisão. Pense em cada resposta e, se necessário, consulte o Capítulo 26.

1. O néfron é composto de várias partes, cada qual com funções distintas na formação da urina. Os resultados laboratoriais do exame de urina demonstraram a presença de várias substâncias que não são encontradas na urina de indivíduos sadios. Essas substâncias são normalmente encontradas no sangue? Em caso positivo, como explicar sua presença na urina?
2. O processo de filtração na formação da urina envolve três barreiras físicas de difusão. Quais são essas barreiras e como elas desempenham suas funções?
3. O Capítulo 25 discutiu a histologia dos órgãos ocos do sistema digestório. Que camada histológica do intestino grosso deve estar danificada para que o sangue penetre na cavidade (luz) do intestino grosso?

Análise e interpretação

As informações a seguir respondem às questões levantadas na seção "Pontos a considerar". Para revisar este material, consulte as páginas indicadas adiante.

Caso clínico (*continuação*)

1. O néfron é composto pelo corpúsculo renal, pelo túbulo contorcido proximal, pela alça do néfron (alça de Henle), pelo túbulo contorcido distal e pelo sistema coletor, págs. 698-703. O corpúsculo renal filtra sangue, produzindo um filtrado que contém resíduos metabólicos e outros compostos orgânicos. A principal função do túbulo contorcido proximal é a reabsorção de nutrientes orgânicos, de íons e de qualquer proteína presente no filtrado. A alça do néfron é responsável pela reabsorção de água, sódio e cloro. O túbulo contorcido distal é um local importante para a secreção de íons, ácidos e outros materiais, assim como para a reabsorção dos íons sódio e cálcio do líquido tubular. O último segmento do néfron, o sistema coletor, é responsável pelo transporte do líquido tubular desde o néfron até a pelve renal, assim como pela realização do ajuste da pressão osmótica e do volume urinário finais, pág. 703.
2. A barreira de filtração no interior do corpúsculo renal é composta pelo endotélio capilar, pela lâmina basal e pelo epitélio glomerular, págs. 699-703. A presença anormal de proteínas plasmáticas e células sangüíneas na urina de Dani pode indicar lesão em um ou mais componentes dessa barreira de difusão.
3. Os órgãos ocos do sistema digestório são compostos pelas seguintes camadas: túnica mucosa, tela submucosa, túnica muscular e túnica serosa. O revestimento interno, ou túnica mucosa, é composto de um epitélio umedecido por secreções glandulares. A camada subjacente, a lâmina própria, contém vasos sangüíneos, terminações nervosas sensitivas, vasos linfáticos, fibras musculares lisas e áreas esparsas de tecido linfático. págs. 656, 675-679 Se há presença de sangue na cavidade (luz) de órgãos ocos, o epitélio de revestimento da túnica mucosa foi lesado.

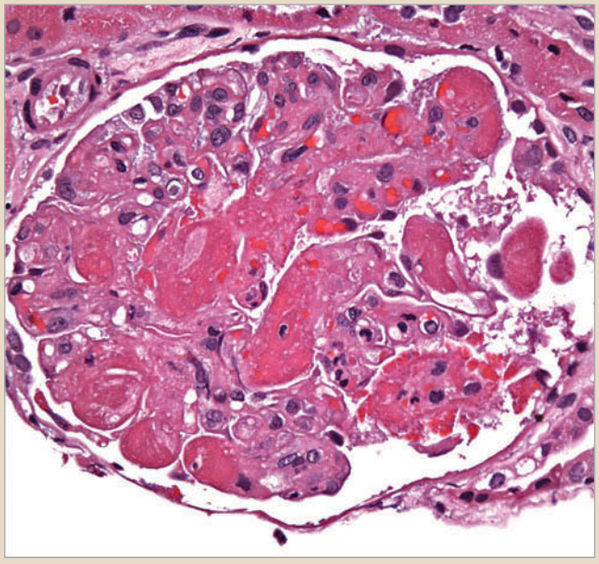


Figura 26.12 Histologia de um glomérulo renal de um paciente acometido por uma alteração semelhante à descrita no caso de Dani.

Diagnóstico

Dani foi diagnosticada como portadora de síndrome hemolítico-urêmica, ou SHU, a causa mais comum de insuficiência renal em crianças. Por motivos desconhecidos, o número de casos em jovens adolescentes e adultos é significativamente menor em relação a crianças entre 2 e 7 anos.

Acredita-se que a SHU resulte da lesão de células endoteliais no corpúsculo renal (Figura 26.12), o que causa a presença de sedimentos de proteínas plasmáticas, glóbulos brancos e vermelhos na urina em quantidades anormais.

Na América do Norte e na Europa Ocidental, 70% dos casos de SHU são secundários à sobrecarga tóxica de infecção bacteriana por *Escherichia coli*, tipicamente resultante de intoxicação alimentar. Após a ingestão da *E. coli* do tipo tóxico, a bactéria adere às paredes de revestimento mucoso do intestino. Pesquisas vêm sendo desenvolvidas para a investigação das razões pelas quais as bactérias disseminam-se do trato digestório para o glomérulo renal. Após a adesão da *E. coli* às células endoteliais do corpúsculo renal, todos os componentes da barreira de filtração são danificados, pressupostamente pela ação das toxinas bacterianas que atingem o endotélio vascular.

O tratamento bem-sucedido da SHU envolve (1) o diagnóstico precoce, (2) a manutenção do volume de líquido e do balanço eletrolítico adequado, (3) o tratamento adequado da anemia e (4) observação e tratamento, se necessário, da hipertensão, caso o paciente apresente esta alteração como resultado da síndrome. O uso de antibióticos não é recomendado porque eles não se mostraram úteis para acelerar a recuperação e porque eles causam uma sobrecarga ao rim. A maior parte dos pacientes jovens se recupera dentro de 1 a 3 semanas após o diagnóstico. No entanto, alguns pacientes não se recuperam e seu quadro progride para a insuficiência renal aguda, levando à falência do sistema, com necessidade de transplante renal. ■

TERMOS DO CASO CLÍNICO

Creatinina: Produto da quebra da fosfocreatina.

Diarréia: Freqüência anormal de evacuações de fezes aquosas.

Escherichia coli: Bactéria normalmente encontrada no intestino de seres humanos e outros vertebrados; uma causa de intoxicação alimentar e diarréia.

Níveis de nitrogênio-uréia do sangue*: Quantidade de nitrogênio no sangue sob forma de uréia.

Petéquia: Pequenas manchas hemorrágicas na pele, puntiformes e que não esmaecem ou desaparecem à pressão.

Proteinúria: Presença de proteína na urina.

Sedimentos de glóbulos vermelhos: Agregados de hemácias em diferentes estágios de degeneração que se formam nos túbulos do néfron, encontrados na urina; são causados por lesão e sangramento glomerular.

* N. de R.T. Também pode ser designado de "teste de nitrogênio-uréico" ou "concentração de nitrogênio-uréico plasmático".

TERMOS CLÍNICOS

Bexiga neurogênica: Uma condição clínica na qual o reflexo de micção permanece intacto, porém o controle voluntário do músculo esfíncter externo da uretra é perdido devido à lesão no SNC. Dessa forma, o indivíduo não pode evitar o esvaziamento reflexo da bexiga urinária.

Cálculos: "Pedras" nos rins formadas por depósitos de sais de cálcio e magnésio ou por cristais de ácido úrico.

Cistite: Inflamação do revestimento da bexiga urinária, geralmente por infecção.

Disúria: Dor à micção.

Hemodiálise: Uma técnica na qual uma membrana artificial é utilizada para regular a composição do sangue e remover produtos metabólicos residuais.

Incontinência: Incapacidade de controle voluntário da micção.

Infecção do trato urinário (ITU): Inflamação do trato urinário causada por infecção bacteriana ou fúngica.

Nefrolitíase: Presença de cálculos renais e uretrais.

Obstrução urinária: Bloqueio do sistema coletor por um cálculo ou por outros fatores.

Pielograma: Imagem radiológica dos rins obtida por raio X após a administração de uma substância radiopaca.

Uretrite: Inflamação da parede uretral.

RESUMO PARA ESTUDO

Introdução 694

1. As funções do sistema urinário incluem (1) regulação da concentração de íons plasmáticos; (2) regulação do volume de sangue (volemia) e da pressão sangüínea pelo ajuste do volume de perda de água e liberação de eritropoetina e renina; (3) contribuição para a estabilização do pH do sangue; (4) conservação de nutrientes; (5) eliminação de resíduos orgânicos; e (6) síntese de **calcitriol**.
2. O **sistema urinário** inclui os **rins**, os **ureteres**, a **bexiga urinária** e a **uretra**. Os rins produzem **urina** (um líquido contendo água, íons e compostos solúveis); durante o **ato de urinar** (**micção**), a urina é propelida para fora do corpo. (*ver Figura 26.1*)

Os rins 694

1. Os rins estão localizados bilateralmente em relação à coluna vertebral, entre a última vértebra torácica e a terceira vértebra lombar. (*ver Figuras 26.1 e 26.2*)
2. A posição dos rins na cavidade abdominal é mantida por (1) peritônio sobrejacente, (2) contato com os órgãos adjacentes e (3) tecido conectivo de sustentação. As três camadas concêntricas de tecido conectivo são a **cápsula fibrosa do rim**, que recobre a superfície externa do órgão; a **cápsula adiposa** (ou **gordura perirrenal**), que envolve a cápsula fibrosa; e a **fáscia renal**, que sustenta e liga o rim às estruturas adjacentes. (*ver Figura 26.3*)

Anatomia de superfície do rim 694

3. O ureter e os vasos sangüíneos renais atravessam o **hilo renal**. A parte interna da cápsula fibrosa reveste o **seio renal**. (*ver Figura 26.3*)

Anatomia seccional do rim 694

4. O rim apresenta subdivisões: um **córtex renal** externo, uma **medula renal** central e um **seio renal** interno. A medula contém de 6 a 18 **pirâmides renais** cujas extremidades, ou **papilas renais**, projetam-se no seio renal. As **colunas renais**, constituídas pelo córtex, separam pirâmides adjacentes. Um **lobo renal** contém uma pirâmide renal, uma área circundante de córtex renal e partes adjacentes das colunas renais. (*ver Figura 26.3a)*
5. Os **cálices renais menores** são contínuos aos **cálices renais maiores**. Estes cálices conduzem ao interior da **pelve renal**, que se continua no **ureter**. (*ver Figura 26.3a-c)*

O suprimento sangüíneo dos rins 696

6. A vascularização dos rins inclui, na seqüência, as **artérias renais**, **segmentares**, **interlobares**, **arqueadas**, **interlobulares** e **arteríolas glomerulares aferentes** que suprem os néfrons. Dos néfrons, o sangue flui para as **veias interlobulares**, **arqueadas**, **interlobares** e **renais**. (*ver Figuras 26.4 e 26.5b)*

Inervação dos rins 696

7. Os rins e ureteres são inervados pelos **ramos renais do plexo renal**. A ativação simpática regula o fluxo sangüíneo e a pressão glomerular, estimula a liberação de renina e acelera a reabsorção de sódio e água.

Histologia do rim 698

8. O **néfron** (unidade básica funcional do rim) consiste em um **túbulo renal** que se esvazia no **sistema coletor**. A partir do **corpúsculo renal**, o **líquido tubular** passa através do **túbulo contorcido proximal (TCP)**, da **alça do néfron** (**alça de Henle**) e do **túbulo contorcido distal** (**TCD**). Ele então flui através dos **túbulos coletores**, **ductos coletores** e **ductos papilares** até atingir o cálice renal menor. (*ver Figura 26.6)*
9. Aproximadamente 85% dos néfrons são **néfrons corticais** encontrados no interior do córtex. As alças do néfron são curtas e a **arteríola glomerular eferente** supre sangue aos **capilares peritubulares**, que circundam os túbulos renais. Os **néfrons justamedulares** estão mais próximos da medula, e as alças desses néfrons prolongam-se profundamente para o interior das pirâmides renais. (*ver Figuras 26.4c,d/26.7a)*
10. Os néfrons são responsáveis pela (1) produção de filtrado, (2) reabsorção de nutrientes orgânicos e (3) reabsorção de água e íons. O **epitélio parietal** reveste a parede externa do corpúsculo renal. O sangue é suprido por uma **arteríola glomerular aferente** relativamente grande e drenado por uma pequena **arteríola glomerular eferente**. *(ver Figura 26.8c)*
11. O corpúsculo renal contém o novelo capilar do **glomérulo renal** e a **cápsula glomerular**. Nos glomérulos, **podócitos** do epitélio visceral enrolam seus "pés" ao redor dos capilares. Os **processos secundários** dos podócitos são separados por estreitas **fendas de filtração**. O **espaço capsular** separa o **epitélio parietal** do **epitélio visceral**. Os capilares glomerulares são *capilares fenestrados*. A lâmina densa da lâmina basal é espessa, o que denota uma característica incomum. O sangue é conduzido ao **pólo vascular** do corpúsculo renal pela arteríola glomerular aferente e drenado dele pela **arteríola glomerular eferente**. A partir desta última, o sangue invade os capilares peritubulares e as **arteríolas retas** que acompanham as alças do néfron na medula renal. (*ver Figura 26.8)*
12. O túbulo contorcido proximal reabsorve ativamente nutrientes, íons, proteínas plasmáticas e eletrólitos do líquido tubular. A alça do néfron tem um **ramo descendente** e um **ramo ascendente**; cada ramo contém um **segmento grosso** e um **segmento delgado**. O ramo ascendente conduz o líquido ao túbulo contorcido distal que ativamente secreta íons e reabsorve sódio da urina. A reabsorção no TCP e na alça do néfron recupera todos os nutrientes orgânicos, 85% da água e mais de 90% dos íons Na e Cl. (*ver Figuras 26.6 a 26.8)*
13. O **túbulo contorcido distal** é um local importante para a secreção de íons e outros materiais e para a reabsorção de íons sódio. (*ver Figuras 26.6 a 26.8)*

14. O **complexo justaglomerular** (*aparelho justaglomerular*) é composto por **mácula densa**, **células justaglomerulares** e **células mesangiais extraglomerulares**. O complexo justaglomerular secreta os hormônios *renina* e *eritropoetina. (ver Figura 26.8c)*
15. O TCD abre-se no **sistema coletor**. O sistema coletor consiste em *túbulos coletores, ductos coletores* e *ductos papilares.* Além de transportar o líquido do néfron para a pelve renal, o sistema coletor regula a sua concentração osmótica e volume. (*ver Figuras 26.6 e 26.7a,d,e,f)*

Estruturas para transporte, armazenamento e eliminação da urina 704

1. A modificação do líquido tubular e a produção da urina terminam quando o líquido invade o cálice renal menor no seio renal. O restante do sistema urinário (*ureteres, bexiga urinária* e *uretra)* é responsável pelo transporte, pelo armazenamento e pela eliminação da urina. (*ver Figura 26.10)*

Os ureteres 704

2. Os ureteres se estendem desde a pelve renal até a bexiga urinária e são responsáveis pelo transporte de urina até a bexiga. A parede de cada ureter consiste em uma túnica mucosa interna, uma túnica muscular média e uma camada externa de tecido conectivo (túnica adventícia). (*ver Figuras 26.1/26.2/26.3/26.9c/26.10)*

A bexiga urinária 704

3. A **bexiga urinária** é um órgão muscular oco que serve como reservatório de urina. A bexiga é estabilizada pelo **ligamento umbilical mediano** e pelos **ligamentos umbilicais mediais**. Características internas incluem o **trígono**, o **colo** e o **esfincter interno da uretra**. O revestimento mucoso contém **pregas** proeminentes. A contração do **músculo detrusor da bexiga** comprime a bexiga urinária e expele a urina em direção à uretra. (*ver Figuras 26.10/26.11)*

A uretra 706

4. A uretra se estende a partir do colo da bexiga urinária até o óstio externo da uretra, em comunicação com o meio exterior. Na mulher, a uretra é curta e termina no **óstio externo da uretra**; no homem, a uretra apresenta as **partes prostática**, **membranácea** e **esponjosa**, sendo que a parte esponjosa da uretra estende-se até o óstio externo da uretra. Em ambos os gêneros, conforme a uretra passa através do "diafragma urogenital", uma faixa circular de músculo esquelético forma o **músculo esfincter externo da uretra**, sob controle voluntário.
5. O revestimento da uretra feminina costuma ser um epitélio de transição nas proximidades da bexiga urinária; o restante é geralmente constituído por epitélio escamoso estratificado. O revestimento da uretra masculina varia de um epitélio de transição próximo à bexiga urinária, a um epitélio colunar estratificado, ou um epitélio colunar pseudo-estratificado e, então, para um epitélio escamoso estratificado nas proximidades do óstio externo da uretra. (*ver Figuras 26.10/26.11)*

O reflexo de micção e diurese 708

6. O processo da micção é coordenado pelo **reflexo de micção**, o qual se inicia nos receptores de estiramento na parede da bexiga urinária. A micção voluntária envolve a ação combinada desse reflexo com o relaxamento voluntário do músculo esfincter externo da uretra.

Envelhecimento e sistema urinário 708

7. O envelhecimento geralmente está associado a um aumento dos problemas renais. Alterações do sistema urinário relacionadas ao envelhecimento envolvem (1) o declínio do número de néfrons funcionais, (2) a redução da filtração glomerular, (3) a redução da sensibilidade ao HAD e (4) problemas com o reflexo de micção (a **retenção urinária** pode ocorrer em homens como conseqüência do aumento da próstata).

REVISÃO DO CAPÍTULO

Para respostas às questões da Revisão dos Conceitos e Revisão do Capítulo, veja a seção de Respostas na parte final do livro.

Nível 1 – Revisão de fatos e termos

Associe cada item numerado com a letra do item que melhor se relaciona. Utilize letras para as respostas nos espaços apropriados.

Coluna A	**Coluna B**
__ 1. diurese	a. músculo liso da bexiga urinária
__ 2. músculo detrusor da bexiga	b. unidade básica e funcional do rim
__ 3. mácula densa	c. micção
__ 4. medula renal	d. túnica fibrosa do rim
__ 5. hilo renal	e. "pedras" no rim
__ 6. néfron	f. consiste em 6 a 18 pirâmides renais
__ 7. cálculos renais	g. camada externa densa do rim
__ 8. arteríolas retas	h. originam séries de capilares
__ 9. cápsula fibrosa	i. região do complexo justaglomerular
__10. fáscia renal	j. local de entrada/saída para a artéria e veia renais

11. Cada rim é protegido/estabilizado:
    (a) somente pela cápsula fibrosa
    (b) somente pela cápsula fibrosa e pela cápsula adiposa (gordura perirrenal)
    (c) somente pela cápsula adiposa
    (d) cápsula fibrosa, cápsula adiposa e fáscia renal
12. O sistema urinário desempenha todas as seguintes funções, exceto:
    (a) secretar moléculas de glicose em excesso
    (b) regular o volume sangüíneo
    (c) contribuir para estabilizar o pH sangüíneo
    (d) eliminar produtos orgânicos residuais
13. O seio renal é:
    (a) a camada mais interna de tecido renal
    (b) uma estrutura cônica localizada na medula renal
    (c) um espaço interno revestido pela cápsula fibrosa e localizado profundamente ao hilo renal
    (d) um grande ramo da pelve renal
14. Quais são os vasos que formam o plexo que supre os túbulos contorcidos proximal e distal?
    (a) artérias segmentares
    (b) capilares peritubulares
    (c) artérias interlobulares
    (d) artérias arqueadas
15. O processo de filtração ocorre:
    (a) no túbulo contorcido proximal
    (b) no corpúsculo renal
    (c) no ducto coletor
    (d) na alça do néfron

16. A capacidade de formar urina concentrada depende das funções:
    (a) do túbulo contorcido proximal
    (b) do túbulo contorcido distal
    (c) do ducto coletor
    (d) da alça do néfron

17. Os ureteres e a bexiga urinária são revestidos por epitélio:
    (a) escamoso estratificado
    (b) colunar pseudo-estratificado
    (c) cubóide simples
    (d) de transição

18. Todos os itens a seguir são componentes normais da urina, exceto:
    (a) íons de hidrogênio
    (b) uréia
    (c) grandes proteínas
    (d) sais

19. Um ligamento que se estende da margem ântero-superior da bexiga urinária até o umbigo é o:
    (a) ligamento redondo
    (b) ligamento quadrado
    (c) ligamento umbilical mediano
    (d) ligamento umbilical medial

20. A porção do néfron que se liga ao ducto coletor é:
    (a) a alça do néfron
    (b) o túbulo contorcido proximal
    (c) o túbulo contorcido distal
    (d) o túbulo coletor

Nível 2 – Revisão de conceitos

1. Qual é a importância da conformação em fenda, e não circular, característica do óstio de comunicação dos ureteres na bexiga urinária?
    (a) ele pode distorcer-se mais facilmente para permitir a entrada e a saída da urina
    (b) a forma evita o refluxo urinário para os ureteres quando a bexiga se contrai
    (c) o óstio é comprimido entre os ligamentos umbilicais mediano e mediais porque tais estruturas sustentam esta parte do ureter
    (d) não há importância; a forma ocorre apenas devido à posição

2. Problemas com o reflexo de micção no indivíduo idoso incluem:
    (a) aumento do tono dos músculos dos esfincteres, impedindo o esvaziamento normal da bexiga urinária
    (b) retenção urinária em homens devido ao aumento da próstata
    (c) sensibilidade aumentada ao HAD
    (d) retenção aumentada de íon sódio

3. Como a função renal será alterada em um indivíduo que tem mais de uma artéria e veia renais de cada lado, com o mesmo espaço possível para a entrada no hilo renal?
    (a) esses rins serão capazes de processar o sangue em pressão mais elevada neste indivíduo em relação aos demais
    (b) desde que as artérias e veias nesse indivíduo sejam normais, a função renal será normal
    (c) um maior fluxo sangüíneo vai ocorrer nesses rins
    (d) esses rins serão mais flexíveis na quantidade de urina que eles produzem em um dado momento

4. Onde o glomérulo se localiza no néfron?

5. Qual é a característica única do epitélio glomerular?

6. O que secreta o complexo justaglomerular?

7. O que é o trígono da bexiga urinária?

8. Qual esfincter uretral obedece a controle voluntário?

9. Qual é a função primária do túbulo contorcido proximal?

10. Identifique o objetivo das pregas de túnica mucosa na bexiga urinária.

Nível 3 – Pensamento crítico

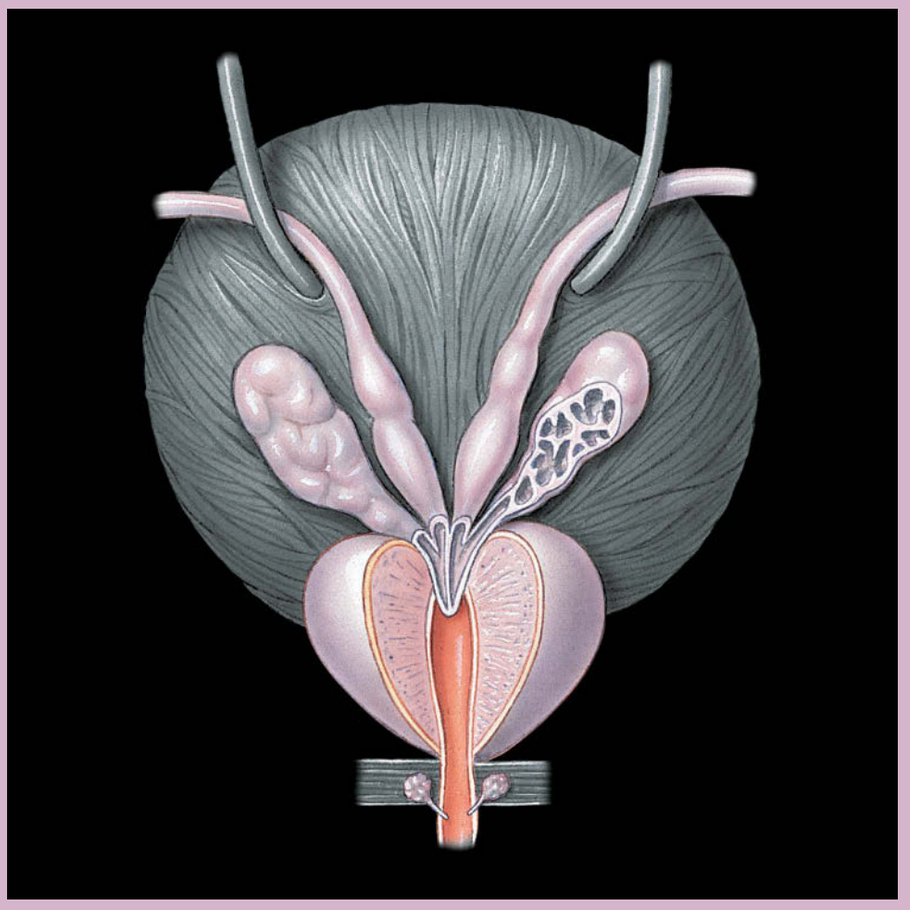
1. Embora o controle neurológico do músculo esfincter externo da uretra não se desenvolva completamente até 2 a 3 anos de idade, o esfincter interno da uretra é funcional desde o nascimento. Por que o treinamento precoce para a retirada das fraldas é freqüentemente uma experiência frustrante tanto para os pais quanto para a criança?

2. Joana era maratonista campeã até que uma insuficiência renal forçou-a a deixar o esporte. Durante as suas duas últimas maratonas, exames laboratoriais confirmaram que ela apresentava disfunção renal aguda. Como poderia a corrida de longa distância causar esta condição?

3. Por que uma gestante sente necessidade de urinar com maior freqüência em comparação com sua necessidade normal na ausência da gravidez?

27

O Sistema Genital



OBJETIVOS DO CAPÍTULO:

1. Descrever a função do sistema genital.
2. Descrever e comparar a organização geral dos sistemas genitais masculino e feminino.
3. Identificar e descrever a localização, a anatomia macroscópica e as funções das principais estruturas do sistema genital masculino.
4. Descrever as características histológicas das gônadas, dos ductos e das glândulas acessórias do sistema genital masculino.
5. Diferenciar espermatogênese de espermiogênese e discutir o armazenamento e o transporte dos espermatozóides.
6. Discutir os componentes e as propriedades do sêmen.
7. Diferenciar os processos fisiológicos da ereção, emissão e ejaculação.
8. Identificar e descrever a localização, a anatomia macroscópica e as funções das principais estruturas do sistema genital feminino.
9. Descrever as características histológicas das gônadas, dos ductos e das glândulas acessórias do sistema genital feminino.
10. Descrever as alterações do endométrio que acompanham o ciclo uterino.
11. Discutir a oogênese e a ovulação e descrever o trajeto dos oócitos após a ovulação.
12. Descrever os ciclos ovariano e uterino e identificar os hormônios que regulam e coordenam esses ciclos.
13. Descrever a anatomia macroscópica e a histologia das glândulas mamárias.
14. Descrever as modificações anatômicas e hormonais que acompanham a gravidez.
15. Comparar as modificações relativas ao envelhecimento nos sistemas genitais masculino e feminino.

Introdução 715

Organização do sistema genital 715

Anatomia do sistema genital masculino 715

Anatomia do sistema genital feminino 727

Envelhecimento e sistema genital 740

A expectativa de vida média de um ser humano pode ser medida em décadas, porém a espécie humana tem sobrevivido por milhões de anos graças à atividade do sistema genital. O sistema genital humano produz, armazena, nutre e transporta as células reprodutoras funcionais masculinas e femininas, ou **gametas**. A combinação do material genético fornecido por um **espermatozóide** do pai e um **óvulo** imaturo da mãe ocorre logo após a **fertilização**, ou *concepção*. A fertilização produz o **zigoto**, uma única célula cujo crescimento, desenvolvimento e divisões repetidas gerarão, em aproximadamente nove meses, uma criança que crescerá e amadurecerá como parte integrante da próxima geração. O sistema genital também produz hormônios sexuais que alteram a estrutura e a função de outros sistemas.

Este capítulo irá descrever as estruturas e os mecanismos envolvidos na produção e manutenção dos gametas e, nas mulheres, no desenvolvimento e na manutenção do embrião e do feto. O Capítulo 28, último capítulo do livro, inicia-se na fertilização e considerará o processo de desenvolvimento.

Organização do sistema genital

O sistema genital inclui:

- **Órgãos genitais internos**, as **gônadas**, que produzem gametas e hormônios.
- Um trato genital composto de ductos que recebem, armazenam e transportam os gametas.
- Glândulas e órgãos acessórios que secretam líquidos nos ductos do sistema genital ou em outros ductos excretores.
- **Órgãos genitais externos**, estruturas do períneo que pertencem ao sistema genital.

Funcionalmente, os sistemas genitais masculino e feminino são bastante diferentes. No homem adulto, as gônadas, denominadas *testículos*, secretam os hormônios sexuais conhecidos como *andrógenos*, principalmente a *testosterona*, e produzem meio bilhão de espermatozóides por dia. ∞ pág. 520 Após o armazenamento, os espermatozóides maduros fazem trajeto ao longo de um comprido sistema de ductos, onde são misturados com as secreções das glândulas acessórias, formando uma mistura conhecida como *sêmen* (*esperma*). Durante a *ejaculação*, o sêmen é expelido do corpo.

Na mulher adulta, as gônadas, *ovários*, tipicamente produzem apenas um gameta imaturo por mês, o *oócito*. O oócito percorre as curtas *tubas uterinas* ("*oviductos*") que se abrem no interior do *útero*, um órgão muscular. Uma curta via de acesso, a *vagina*, conecta o útero ao ambiente externo. Durante o ato sexual, a ejaculação introduz o sêmen na vagina, e os espermatozóides podem ascender no interior do trato genital feminino, onde podem encontrar o oócito e iniciar o processo de fertilização.

Anatomia do sistema genital masculino [Figura 27.1]

As principais estruturas do sistema genital masculino são mostradas na Figura 27.1. Os *espermatozóides* deixam os testículos e fazem trajeto ao longo de um sistema de ductos que inclui o *epidídimo*, o *ducto deferente*, o *ducto ejaculatório* e a *uretra*, antes de serem expelidos do corpo. Os órgãos acessórios, principalmente as *glândulas seminais*, a *próstata* e as *glândulas bulbouretrais* secretam para o interior dos ductos ejaculatórios e da uretra. Os órgãos genitais masculinos externos incluem o *escroto*, que contém os testículos, e o *pênis*, um órgão erétil através do qual faz trajeto a parte esponjosa da uretra.

Os testículos [Figuras 27.1/27.3]

Cada testículo apresenta a conformação de um ovo achatado, com aproximadamente 5 cm de comprimento, 3 cm de largura e 2,5 cm de espessura, pesando entre 10 e 15 g. Os testículos são sustentados no interior do **escroto**, uma bolsa de pele suspensa, localizada inferiormente ao períneo e anteriormente ao ânus. Observe a localização e a relação dos testículos em secção sagital (Figura 27.1) e em secção frontal (Figura 27.3).

Descida dos testículos [Figura 27.2]

Durante o desenvolvimento, os testículos formam-se no interior da cavidade do corpo, adjacentes aos rins. As posições relativas destes órgãos se modificam ao longo do crescimento do feto, resultando em um movimento gradual dos testículos no sentido ínfero-anterior, em direção à parede abdominal anterior. O **gubernáculo do testículo** é um cordão de tecido conectivo e fibras musculares que se estende do pólo inferior de cada testículo até a parede posterior de uma pequena bolsa do peritônio, inferiormente. Durante o crescimento, os gubernáculos não se alongam e os testículos são mantidos em posição (Figura 27.2). Durante o sétimo mês do desenvolvimento, (1) o crescimento continua em velocidade acelerada e (2) os hormônios circulantes estimulam a contração do gubernáculo do testículo. No decurso deste período, a posição relativa dos testículos sofre mais alterações, e eles atravessam a parede muscular do abdome acompanhados por pequenas bolsas de peritônio. Este processo é conhecido como **descenso (descida) dos testículos**.

À medida que se movem através da parede do corpo, cada testículo é acompanhado pelo ducto deferente, vasos sangüíneos testiculares, nervos e vasos linfáticos. Uma vez que os testículos tenham descido, os ductos, nervos e vasos sangüíneos e linfáticos permanecem agrupados em um feixe, constituindo os *funículos espermáticos*.

Os funículos espermáticos [Figura 27.3]

Os **funículos espermáticos** consistem em camadas de fáscias (tecido conectivo resistente) e músculos envolvendo os ductos deferentes, vasos sangüíneos, nervos e vasos linfáticos que suprem os testículos. Cada funículo espermático inicia-se no *anel inguinal profundo*, estende-se através do *canal inguinal*, emerge pelo *anel inguinal superficial* e desce aos testículos no interior do escroto (Figura 27.3). Os funículos espermáticos formam-se durante a descida dos testículos. Cada funículo espermático contém o ducto deferente, a **artéria testicular**, o **plexo pampiniforme** (*pampinus*, gavinha, cacho + *forma*, aspecto, formato) da **veia testicular** e os **nervos ilioinguinal** e **genitofemoral** do plexo lombar. ∞ págs. 378, 590

Os estreitos canais que ligam as cavidades do escroto à cavidade peritoneal são denominados **canais inguinais**. Estas vias de acesso geralmente se fecham, mas a persistência dos funículos espermáticos cria pontos frágeis na parede abdominal que permanecem por toda a vida. Como resultado, as *hérnias inguinais*, discutidas no Capítulo 10, são relativamente comuns em homens. ∞ pág. 281 Nas mulheres, os canais inguinais são pequenos e contêm apenas os nervos ilioinguinais e os ligamentos redondos do útero. A parede abdominal é praticamente intacta, e as hérnias inguinais são raras nas mulheres.

O escroto e a posição dos testículos [Figuras 27.3/27.4a] O escroto é dividido internamente em duas câmaras separadas. A divisão entre elas é marcada externamente por uma saliência espessada na superfície do escroto, uma continuação da **rafe do períneo**, que se estende desde o ânus e percorre a linha mediana do períneo, e se continua ao longo da superfície do escroto e do pênis (Figuras 27.3 e 27.4a). Cada testículo ocupa um compartimento individualizado, ou **cavidade do escroto**, com um estreito espaço que separa a superfície interna do escroto da superfície externa do testículo. A **túnica vaginal** é uma túnica serosa que recobre a superfí-

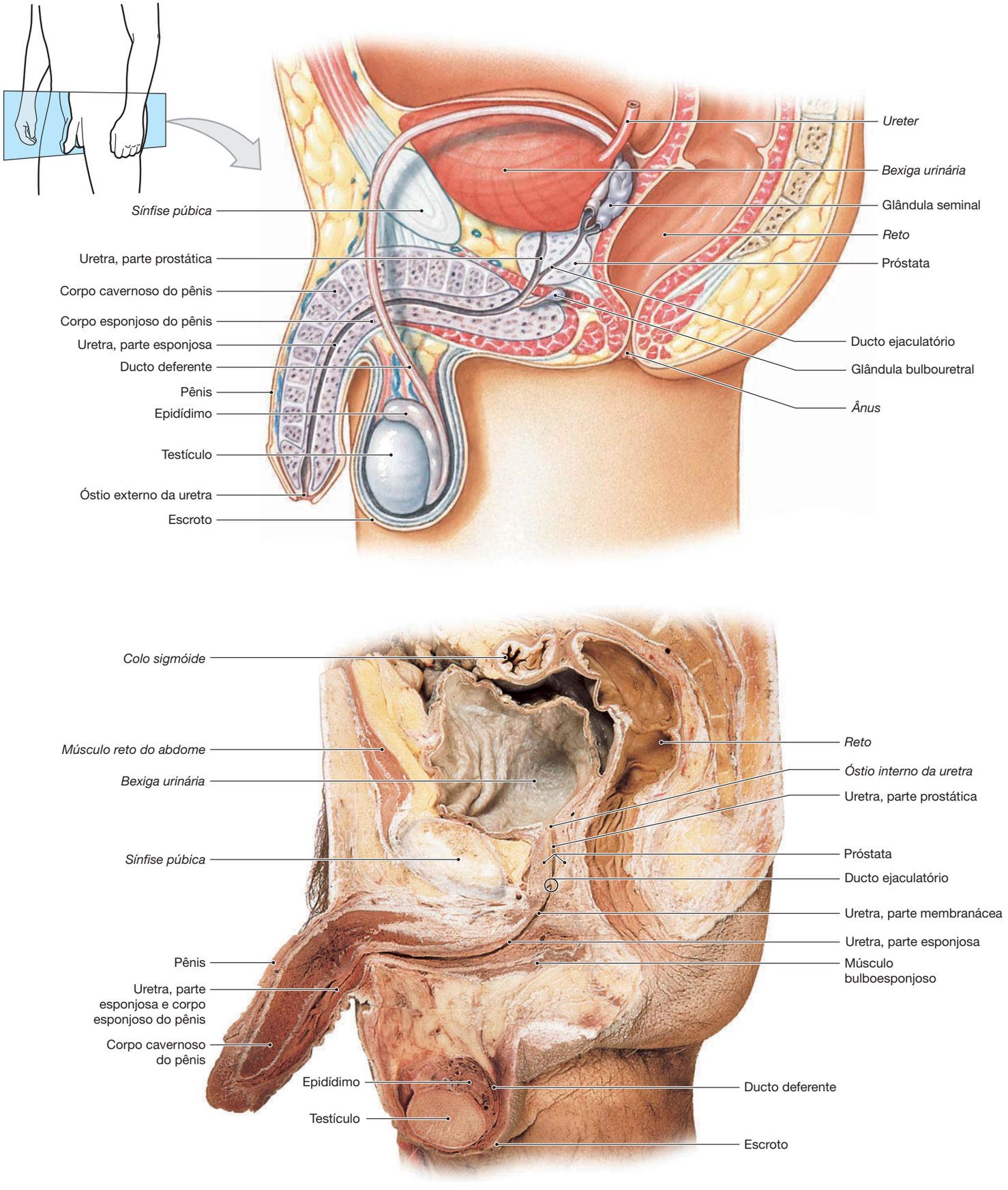
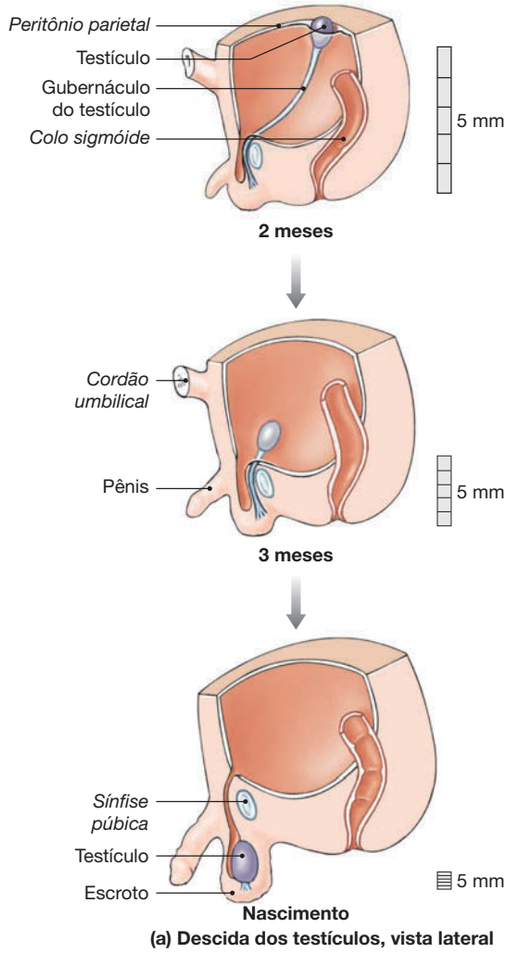


Figura 27.1 O sistema genital masculino, parte I.
Sistema genital masculino em secção sagital. A vista diagramática, mostrando vários órgãos intactos no lado esquerdo, auxilia a interpretação da secção do cadáver.



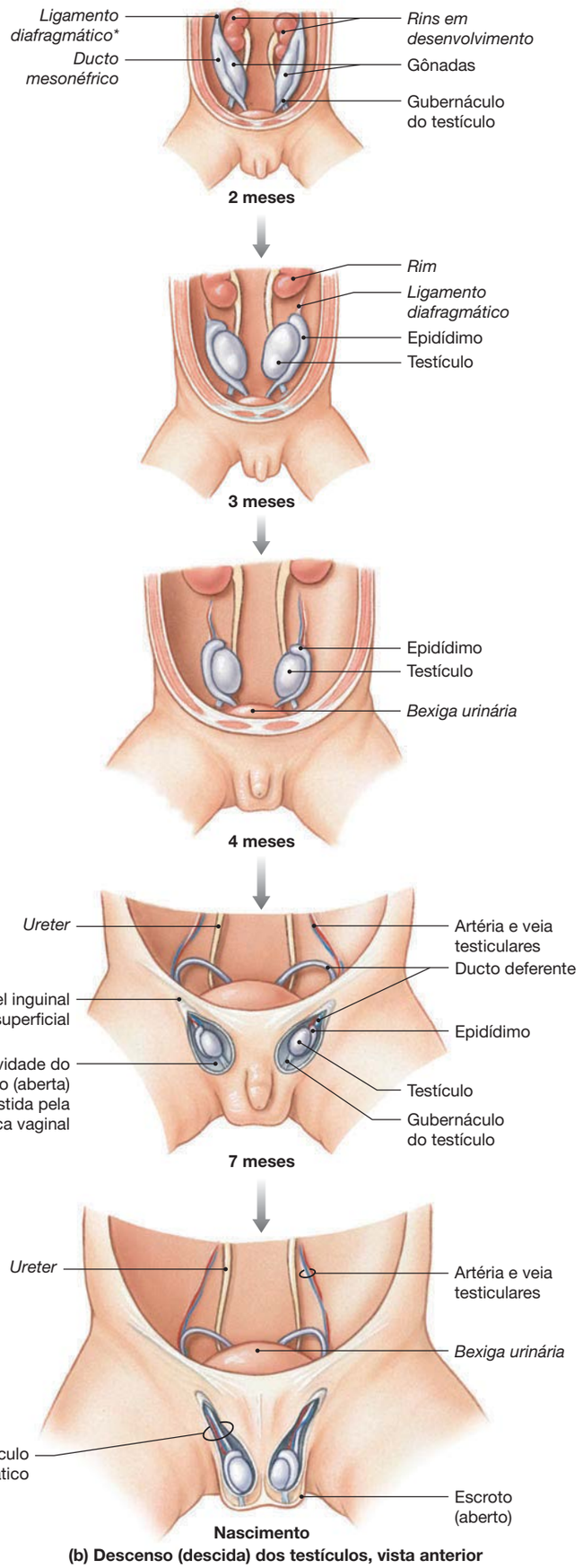


Figura 27.2 O descenso (descida) dos testículos.
(a) Vistas seccionais diagramáticas. Observe a escala de referência à direita de cada imagem. **(b)** Vistas anteriores do abdome aberto em estágios representativos do processo de descida dos testículos.

cie externa de cada testículo e reveste a cavidade do escroto, reduzindo o atrito entre as superfícies opostas.

O escroto é composto de uma delgada camada de pele e da tela subcutânea subjacente. A derme do escroto contém uma camada de músculo liso, o **músculo dartos**. Sua contração tônica causa os característicos enrugamentos na superfície do escroto e contribui para a elevação dos testículos. Uma camada de músculo esquelético, o **músculo cremaster**, situa-se mais profundamente à derme. A contração do cremaster tensiona o escroto e traciona os testículos na direção do corpo. Estas contrações são controladas pelo *reflexo cremastérico*. A contração ocorre durante a excitação sexual e em resposta a mudanças na temperatura. O desenvolvimento normal dos espermatozóides nos testículos depende da manutenção de temperaturas por volta de 1,1ºC mais baixas do que a temperatura corporal. O músculo cremaster afasta ou aproxima os testículos em relação à parede do corpo, conforme necessário, para manter a temperatura testicular nestes níveis. Quando a temperatura ambiente ou a temperatura corporal aumentam, o músculo cremaster é relaxado, produzindo o

* N. de R.T. O ligamento diafragmático, também chamado de "ligamento diafragmático do mesonefro" ou "mesentério urogenital", corresponde à parte cranial da crista gonadal que se estende do mesonefro ao diafragma. Nas mulheres, torna-se posteriormente o ligamento suspensor do ovário. Nos homens, durante os primeiros meses de gestação, transforma-se no ligamento suspensor da gônada. Em relação às partes média e caudal da crista gonadal, produzem o ovário e incorporam-se ao ligamento próprio do ovário, respectivamente.

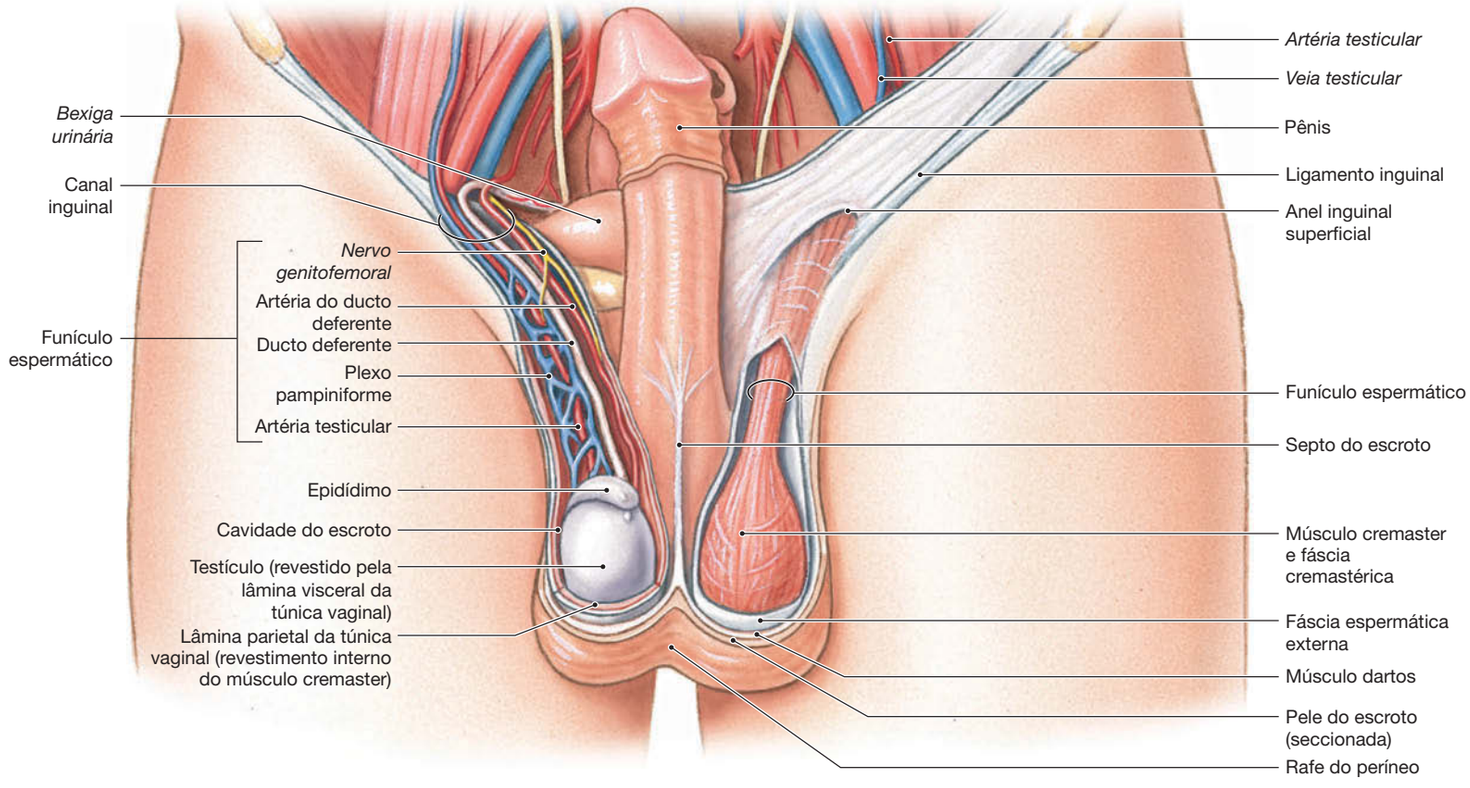


Figura 27.3 O sistema genital masculino, parte II.
Vista diagramática anterior das gônadas, dos órgãos genitais externos e das estruturas associadas no homem.

afastamento dos testículos em relação à parede do corpo. Inversamente, o resfriamento do escroto (o que ocorre, por exemplo, ao se entrar em uma piscina fria) deflagra o reflexo cremastérico – contrações do músculo cremaster tracionam os testículos na direção da parede do corpo, evitando a queda da temperatura testicular.

O escroto é ricamente suprido por nervos sensitivos e motores do *plexo hipogástrico* e ramos dos *nervos ilioinguinais*, *genitofemorais* e *pudendos*. ∞ pág. 378 O suprimento vascular do escroto inclui as **artérias pudendas internas** (ramos das artérias ilíacas internas), as **artérias pudendas externas** (ramos das artérias femorais) e as *artérias cremastéricas*, ramos das **artérias epigástricas inferiores** (ramos das artérias ilíacas externas). ∞ pág. 591 A identificação e a distribuição das veias acompanham a nomenclatura e a distribuição das artérias.

Estrutura dos testículos [Figura 27.4]

A **túnica albugínea** é uma densa camada fibrosa que envolve os testículos e é coberta pela túnica vaginal. Esta cápsula fibrosa é rica em fibras colágenas que são contínuas com aquelas que circundam o epidídimo adjacente. As fibras colágenas da túnica albugínea também se estendem para o interior dos testículos, formando divisões fibrosas, ou *septos* (Figura 27.4). Esses septos convergem em direção ao **mediastino** do testículo. O mediastino sustenta os vasos sangüíneos e linfáticos que suprem os testículos e os ductos que coletam e transportam os espermatozóides para o interior do epidídimo.

Histologia dos testículos [Figuras 27.4/27.5c,d/27.7a]

Os septos separam os testículos em compartimentos denominados **lóbulos do testículo**. Cerca de 800 **túbulos seminíferos contorcidos** delicados e firmemente enovelados estão distribuídos nos lóbulos (Figura 27.4). Cada túbulo mede aproximadamente 80 cm de comprimento; um testículo típico contém aproximadamente 920 m de túbulos seminíferos contorcidos. A produção de espermatozóides ocorre no interior desses túbulos.

Cada túbulo seminífero contorcido apresenta formato em U e é conectado a um único **túbulo seminífero reto** que entra no mediastino do testículo (Figuras 27.4a e 27.7a). No interior do mediastino, os túbulos seminíferos retos são intensamente interconectados, formando um labirinto de vias de passagem conhecidas como **rede do testículo**. Quinze a vinte grandes **dúctulos eferentes do testículo** conectam a rede do testículo ao epidídimo.

Como os túbulos seminíferos contorcidos são compactamente enovelados, as preparações histológicas muitas vezes os apresentam em secção transversal. Uma delicada cápsula envolve cada túbulo, e tecido conectivo frouxo preenche os espaços externos entre os túbulos. Nesses espaços situam-se numerosos vasos sangüíneos e grandes **células intersticiais** (*células intersticiais de Leydig*) (Figura 27.5c,d). As células intersticiais produzem os hormônios sexuais masculinos, denominados *andrógenos*. ∞ pág. 520 A *testosterona* é o andrógeno mais importante e atua (1) na estimulação da espermatogênese; (2) na estimulação da maturação física e funcional dos espermatozóides; (3) na manutenção dos órgãos acessórios do sistema genital masculino; (4) no desenvolvimento e na maturação dos caracteres sexuais secundários, como distribuição de pêlos faciais e de tecido adiposo, massa muscular e dimensão total do corpo; (5) na estimulação do crescimento e metabolismo de todo o corpo; e (6) na estimulação do desenvolvimento do encéfalo pela influência do comportamento e instinto sexuais.

Espermatogênese e meiose [Figura 27.5]

As células espermáticas, ou espermatozóides, são produzidas no processo de **espermatogênese**. A espermatogênese se inicia na camada celular mais externa dos túbulos seminíferos contorcidos. As células-tronco, denominadas **espermatogônias**, formam-se durante o desenvolvimento embrionário, mas permanecem dormentes até a puberdade. Com o início da ma-

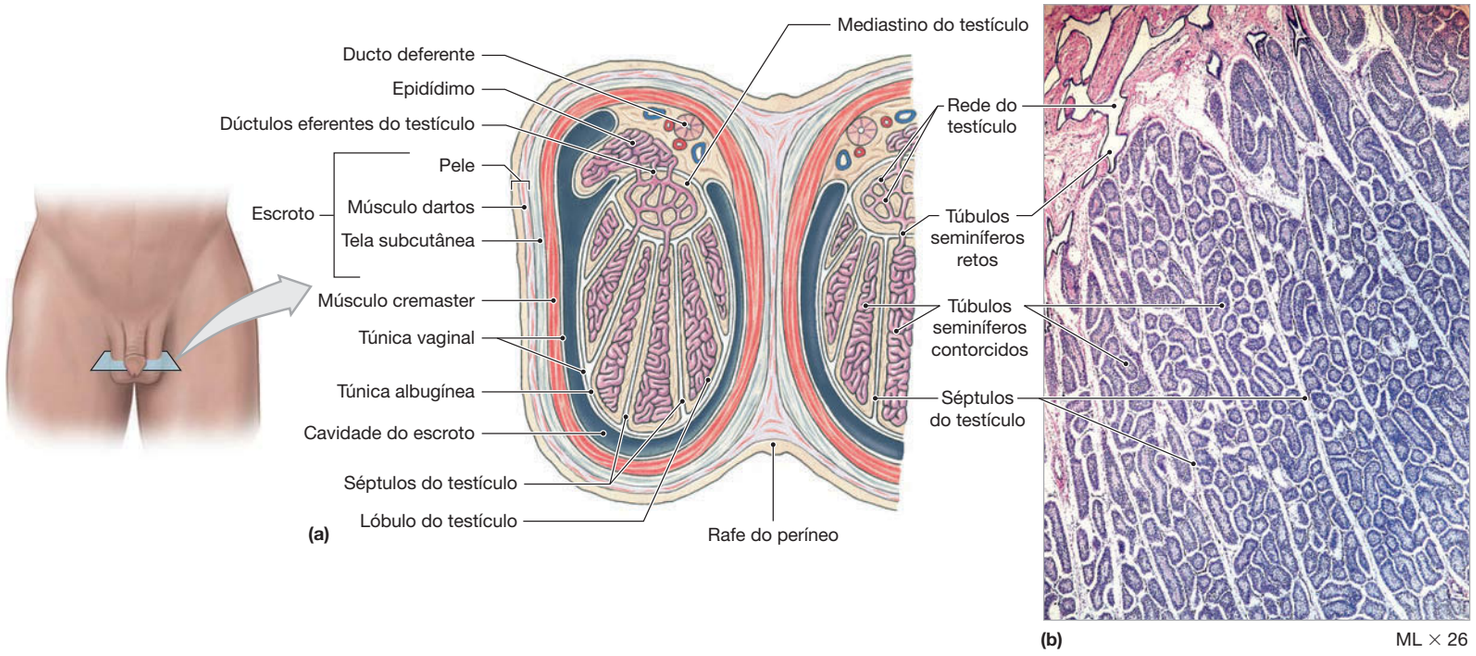


Figura 27.4 Estrutura dos testículos.
(a) Secção horizontal diagramática mostrando as relações anatômicas dos testículos nas cavidades do escroto. Os tecidos conectivos que circundam os túbulos seminíferos e a rede do testículo não estão representados. **(b)** Visão histológica geral dos séptulos do testículo que separam os túbulos seminíferos. (ML x 26)

turação sexual, as espermatogônias dividem-se continuamente ao longo de todos os anos reprodutivos do indivíduo. A cada divisão, uma das células-filhas permanece na camada mais externa do túbulo seminífero contorcido como célula-tronco indiferenciada, enquanto a outra célula é propelida na direção da cavidade (luz). Esta célula se diferencia em um **espermatócito primário** que se prepara para iniciar a **meiose**, uma forma de divisão celular que produz gametas contendo a metade do número normal de cromossomos. Os gametas são denominados **haplóides** (*haplo*, único) porque contêm apenas um dos membros de cada par de cromossomos.

A meiose é uma forma especial de divisão celular capaz de gerar gametas. A mitose e a meiose diferem significativamente no que diz respeito aos seus eventos nucleares. Na mitose, uma divisão simples produz duas células-filhas idênticas, cada uma contendo 23 pares de cromossomos. Na meiose, duas divisões produzem quatro gametas haplóides, diferentes, cada um contendo 23 cromossomos individuais.

Nos testículos, a primeira etapa na meiose é a divisão de um espermatócito primário para gerar um par de **espermatócitos secundários**. Cada espermatócito secundário se divide para produzir um par de **espermátides**. Assim sendo, para cada espermatócito primário que sofre meiose, quatro espermátides são produzidas (Figura 27.5a,b). Espermatogônias, espermatócitos submetidos à meiose e espermátides estão representados na Figura 27.5c,d.

A espermatogênese é estimulada diretamente pela testosterona e estimulada indiretamente pelo HFE (FSH/hormônio folículo-estimulante), conforme detalhado resumidamente. A testosterona é produzida pelas células intersticiais dos testículos em resposta ao HL (LH/hormônio luteinizante). pág. 520

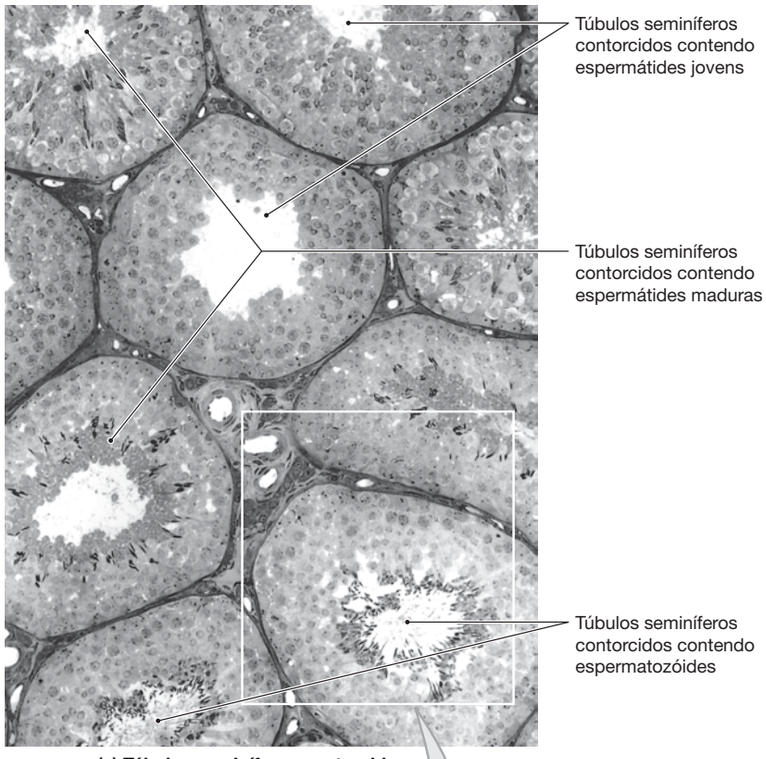
Espermiogênese [Figura 27.5b-d]

Cada espermátide diferencia-se em um único **espermatozóide** maduro, ou célula espermática, por meio de um processo de maturação denominado **espermiogênese** (Figura 27.5b-d). Durante a espermiogênese, as espermátides estão embebidas no citoplasma de grandes **células de Sertoli**. As células de Sertoli são fixas à lâmina basal pela cápsula do túbulo e se estendem em direção à sua luz, por entre os espermatócitos em processo de meiose. Durante a espermiogênese, as espermátides gradualmente desenvolvem a aparência de espermatozóide maduro. Na *espermiação*, um espermatozóide destaca-se das células de Sertoli e penetra na luz do túbulo seminífero contorcido. Esse processo marca o final da espermiogênese. O processo completo, desde a divisão da espermatogônia até a espermiação, leva aproximadamente nove semanas.

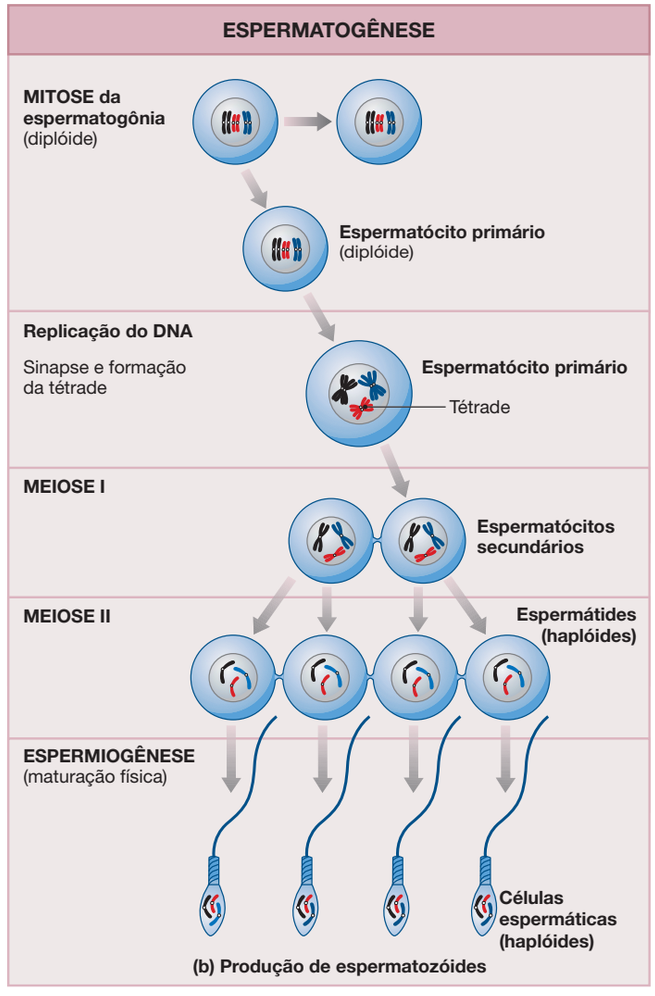
Células de Sertoli [Figura 27.5c,d]

As células de Sertoli apresentam cinco funções importantes:

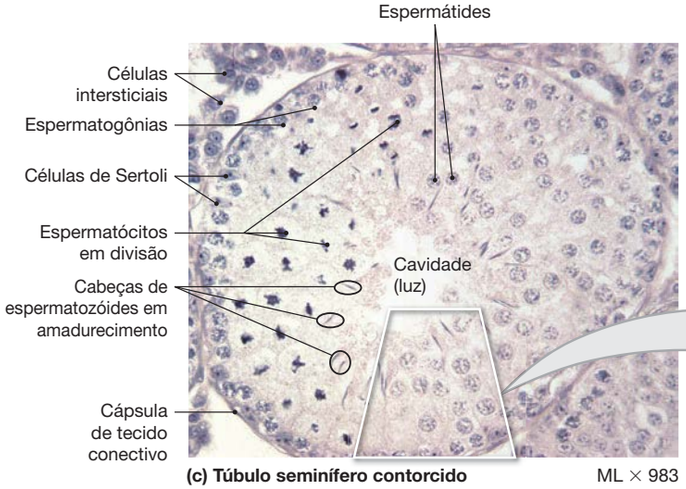
1. *Manutenção da barreira hematotesticular*: Os túbulos seminíferos estão isolados da circulação geral pela **barreira hematotesticular** (Figura 27.5c,d), comparável à barreira hematoencefálica. pág. 391 Junções oclusivas entre as células de Sertoli isolam o "compartimento luminal" dos túbulos seminíferos do líquido intersticial circundante. O transporte de materiais através das células de Sertoli é rigidamente regulado, de tal modo que os espermatócitos e as espermátides permanecem muito estáveis. A luz de um túbulo seminífero contém um líquido bastante diferente do líquido intersticial; este líquido tubular é rico em andrógenos, estrógenos, potássio e aminoácidos. A barreira hematotesticular é essencial na preservação destas diferenças. Além disso, os espermatozóides em desenvolvimento contêm antígenos específicos em suas membranas celulares. Esses antígenos (ausentes nas membranas celulares somáticas) seriam atacados pelo sistema imunológico caso a barreira hematotesticular não evitasse sua detecção.
2. *Manutenção da espermatogênese:* A espermatogênese depende do estímulo das células de Sertoli pelo HFE e pela testosterona. As células de Sertoli estimuladas mantêm a divisão da espermatogônia e as divisões meióticas dos espermatócitos.
3. *Manutenção da espermiogênese:* A espermiogênese requer a presença das células de Sertoli. Essas células circundam e envolvem as espermátides, fornecendo nutrientes e estímulos químicos que promovem seu desenvolvimento.



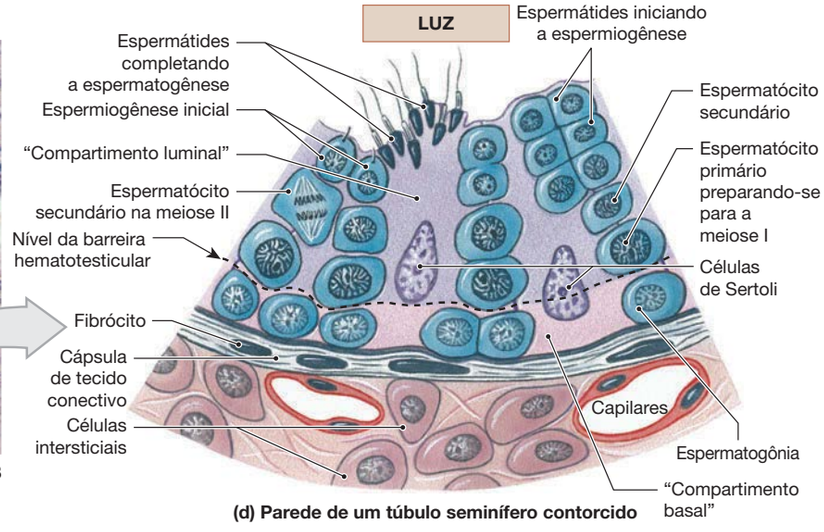
(a) Túbulos seminíferos contorcidos



(b) Produção de espermatozóides



(c) Túbulo seminífero contorcido ML × 983



(d) Parede de um túbulo seminífero contorcido

Figura 27.5 Histologia dos túbulos seminíferos contorcidos.
(a) Túbulos seminíferos contorcidos, vista seccional. **(b)** Meiose nos testículos mostrando os destinos de três cromossomos representativos. **(c)** Espermatogênese no interior de um segmento do túbulo seminífero contorcido. **(d)** A barreira hematotesticular e a estrutura da parede de um túbulo seminífero contorcido.

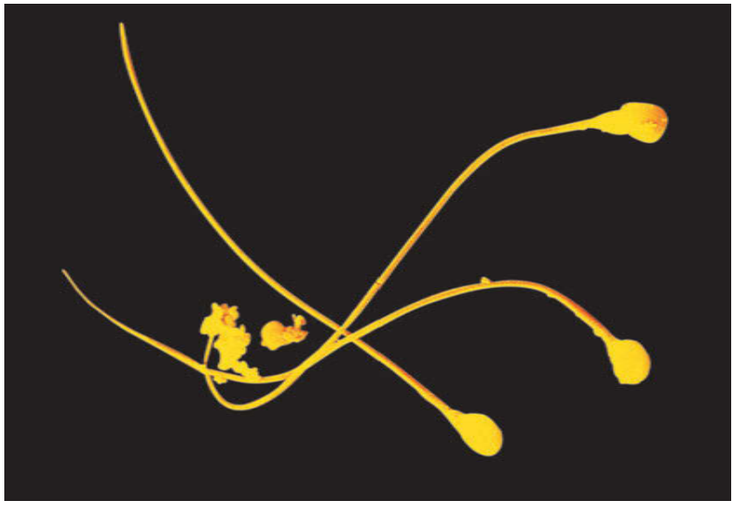
4. *Secreção de inibina:* As células de Sertoli secretam um hormônio denominado **inibina**. A inibina deprime a produção hipofisária do hormônio folículo-estimulante (HFE/FSH) e do hormônio liberador de gonadotrofinas (HLG/GnRH). pág. 521 Quanto mais rápida a produção de espermatozóides, maior a quantidade de inibina secretada.
5. *Secreção de proteína fixadora de andrógeno:* A **proteína fixadora de andrógeno (PFA)** mantém os andrógenos (principalmente a testosterona) no conteúdo líquido dos túbulos seminíferos. Essa proteína é considerada importante para a elevação da concentração dos andrógenos no interior dos túbulos seminíferos e para a estimulação da espermiogênese.

Anatomia do espermatozóide [Figura 27.6]

Existem três regiões diferentes em cada espermatozóide: *cabeça*, *peça intermediária* e *cauda* (Figura 27.6).

- A **cabeça** é uma estrutura de formato ovalado e planificado que contém cromossomos densamente compactados. A extremidade contém o **acrossomo**, um compartimento vesicular limitado por membrana contendo enzimas envolvidas nas primeiras etapas da fertilização.
- Um **colo** curto liga a cabeça à **peça intermediária**. O colo contém os dois centríolos da espermátide original. Os microtúbulos do centríolo distal são contínuos aos da peça intermediária e da cauda. Dispostas em espiral ao redor dos microtúbulos estão mitocôndrias que fornecem a energia necessária para o movimento da cauda.
- A **cauda** é o único exemplo de flagelo no corpo humano. pág. 38 Um **flagelo** movimenta a célula de um lugar para outro. Ao contrário dos cílios, cujo movimento é ondulatório e previsível, o flagelo de um espermatozóide apresenta um complexo movimento espiralado e rotacional. Os microtúbulos do flagelo são circundados por uma bainha fibrosa densa.

Diferentemente de outras células especializadas, o espermatozóide maduro não apresenta retículo endoplasmático, aparelho de Golgi, lisossomos, peroxissomos, inclusões e várias outras estruturas intracelulares. Como a célula não contém glicogênio ou outras reservas de energia, a absorção de nutrientes (sobretudo frutose) é feita necessariamente a partir do líquido circundante.



(b) Espermatozóides MEV × 1.688

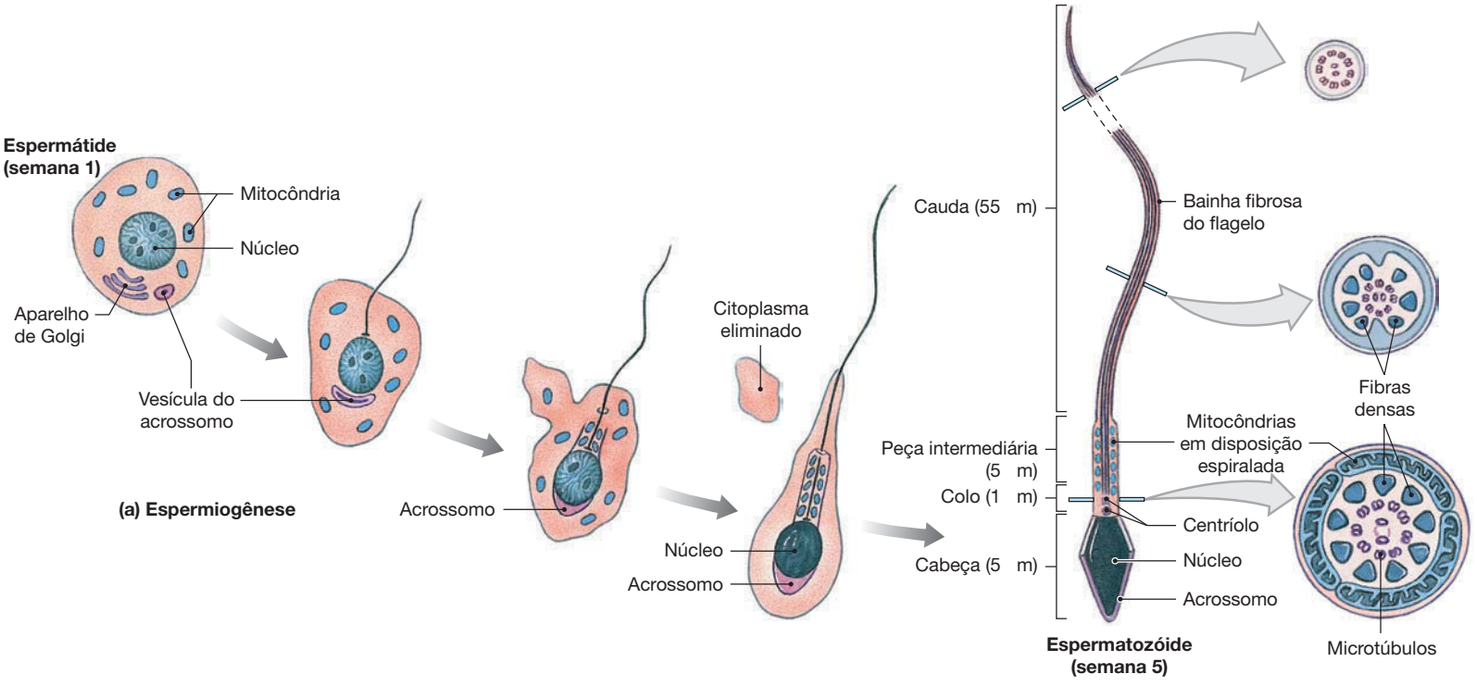


Figura 27.6 Espermiogênese e histologia do espermatozóide.
(a) Diferenciação de uma espermátide em um espermatozóide. **(b)** Histologia de espermatozóides humanos.

Nota clínica

Câncer de testículo A incidência do **câncer de testículo** é relativamente baixa: cerca de 8.250 novos casos são relatados a cada ano nos Estados Unidos. Entretanto, é o tipo de câncer mais comum em homens na faixa etária de 15 a 34 anos. Nove entre dez casos resultam de espermatogônias ou espermatócitos anormais. O tratamento consiste, em geral, na combinação de orquiectomia e quimioterapia. O ciclista Lance Armstrong venceu por sete vezes consecutivas o exaustivo Tour de France após o tratamento bem-sucedido de um câncer de testículo, que já apresentava metástases no encéfalo e nos pulmões.

REVISÃO DOS CONCEITOS

1. Que estruturas formam o funículo espermático?
2. Por que as hérnias inguinais são relativamente comuns nos homens?
3. Explique por que a localização dos testículos (fora da cavidade peritoneal) é importante para a produção de espermatozóides viáveis?
4. Qual é a função da barreira hematotesticular?

Veja a seção de Respostas na parte final do livro.

O trato genital masculino

Os testículos produzem espermatozóides fisicamente maduros que ainda não são capazes de fertilização porque ainda não são móveis. As outras regiões do trato genital masculino estão envolvidas com maturação funcional, nutrição, armazenamento e transporte de espermatozóides.

O epidídimo [Figuras 27.1/27.3/27.4/27.7]

Ao final do seu desenvolvimento, os espermatozóides desprendem-se das células de Sertoli e libertam-se no interior do túbulo seminífero contorcido. Embora apresentem a maioria das características das células maduras do esperma, são funcionalmente imaturos e incapazes de locomoção coordenada ou de fertilização. Correntes de líquido então transportam os espermatozóides ao longo dos túbulos seminíferos retos, pela rede do testículo (Figura 27.7a) e para o interior do epidídimo. A luz do epidídimo é revestida por um epitélio colunar pseudo-estratificado diferenciado com longos estereocílios (Figura 27.7b,c).

O **epidídimo** situa-se ao longo da margem posterior do testículo (Figuras 27.1, pág. 716, 27.3, pág. 718, 27.4, pág. 719, e 27.7a). Apresenta uma consistência firme e pode ser palpado sob a pele do escroto. O epidídimo consiste em um túbulo com aproximadamente 7 m de comprimento, enovelado e retorcido de modo a ocupar muito pouco espaço; apresenta uma *cabeça*, um *corpo* e uma *cauda*.

- A **cabeça** (superior) recebe espermatozóides advindos dos dúctulos eferentes do testículo, no mediastino do testículo.
- O **corpo** inicia-se distalmente ao último dúctulo eferente do testículo e estende-se inferiormente ao longo da margem posterior do testículo.
- Nas proximidades do pólo inferior do testículo, o número de circunvoluções diminui, marcando o início da **cauda**. A cauda inverte a direção e, à medida que ascende, o epitélio tubular se modifica; os estereocílios desaparecem e o epitélio torna-se indiferenciável em relação ao epitélio do ducto deferente. A cauda do epidídimo é a principal região envolvida no armazenamento de espermatozóides.

O epidídimo apresenta três funções principais:

1. *Monitora e ajusta a composição do líquido produzido pelos túbulos seminíferos:* O epitélio colunar pseudo-estratificado que reveste o epidídimo apresenta *estereocílios* diferenciados (Figura 27.7b,c) que aumentam a área de superfície disponível para absorção e secreção no líquido tubular.
2. *Atua como um centro de reciclagem para espermatozóides danificados:* Fragmentos celulares e espermatozóides danificados são absorvidos, e os produtos da quebra enzimática são liberados no líquido intersticial circundante para serem coletados pela circulação local do epidídimo.
3. *Armazena espermatozóides e facilita sua maturação funcional:* Aproximadamente duas semanas são necessárias para que os espermatozóides passem pelo epidídimo, período em que completam sua maturação em ambiente protegido. Embora já estejam maduros ao deixar o epidídimo, os espermatozóides permanecem imóveis. Para tornarem-se ativos, móveis e plenamente funcionais, os espermatozóides precisam passar por um processo de **capacitação**. Esse processo ocorre normalmente em duas fases: (1) os espermatozóides tornam-se móveis quando misturados às secreções das glândulas seminais; e (2) tornam-se capazes de fertilização bem-sucedida quando a permeabilidade de seu plasmalema se altera em função da exposição às condições no interior do trato genital feminino. Enquanto permanecem no trato genital masculino, uma secreção do epidídimo evita a capacitação prematura dos espermatozóides.

O transporte ao longo do epidídimo envolve uma combinação de movimentação do líquido e contrações peristálticas do músculo liso, até que os espermatozóides finalmente deixem a cauda do epidídimo e entrem no ducto deferente.

O ducto deferente [Figuras 27.1/27.3/27.7a/27.8a,b]

O **ducto deferente** apresenta entre 40 e 45 cm de comprimento; origina-se na terminação da cauda do epidídimo (Figura 27.7a) e ascende através do canal inguinal, como parte do funículo espermático, para o interior da cavidade abdominopélvica (Figura 27.3). Na cavidade abdominopélvica, o ducto deferente passa posteriormente, curvando-se inferiormente, ao longo da superfície lateral da bexiga urinária, em direção à margem súpero-posterior da próstata (Figura 27.1). Pouco antes de atingir a próstata, o ducto deferente expande-se e esta região dilatada é conhecida como **ampola do ducto deferente** (Figura 27.8a).

A parede do ducto deferente contém uma camada espessa de músculo liso (Figura 27.8b). Contrações peristálticas dessa camada propelem espermatozóides e líquido ao longo do ducto, que é revestido por um epitélio colunar com estereocílios. Além de transportar o esperma, o ducto deferente pode armazenar os espermatozóides por vários meses. Durante este período, os espermatozóides permanecem em um estado latente, sem movimentação, com baixas taxas matabólicas.

A junção de cada ampola do ducto deferente ao ducto exterior da glândula seminal marca o início do **ducto ejaculatório**. Esta passagem relativamente curta (2 cm) penetra na parede muscular da próstata e esvazia-se na uretra (Figura 27.1), nas proximidades do ducto ejaculatório do lado oposto.

A uretra [Figuras 27.1/27.9]

A uretra do homem estende-se da bexiga urinária até a extremidade do pênis, a uma distância de 15 a 20 cm, sendo dividida em regiões: *parte prostática*, *parte membranácea* e *parte esponjosa* (Figuras 27.1 e 27.9). Estas subdivisões foram consideradas no Capítulo 26. ∞ pág. 707 No homem, a uretra é uma via de passagem integrante tanto do sistema urinário quanto do sistema genital.

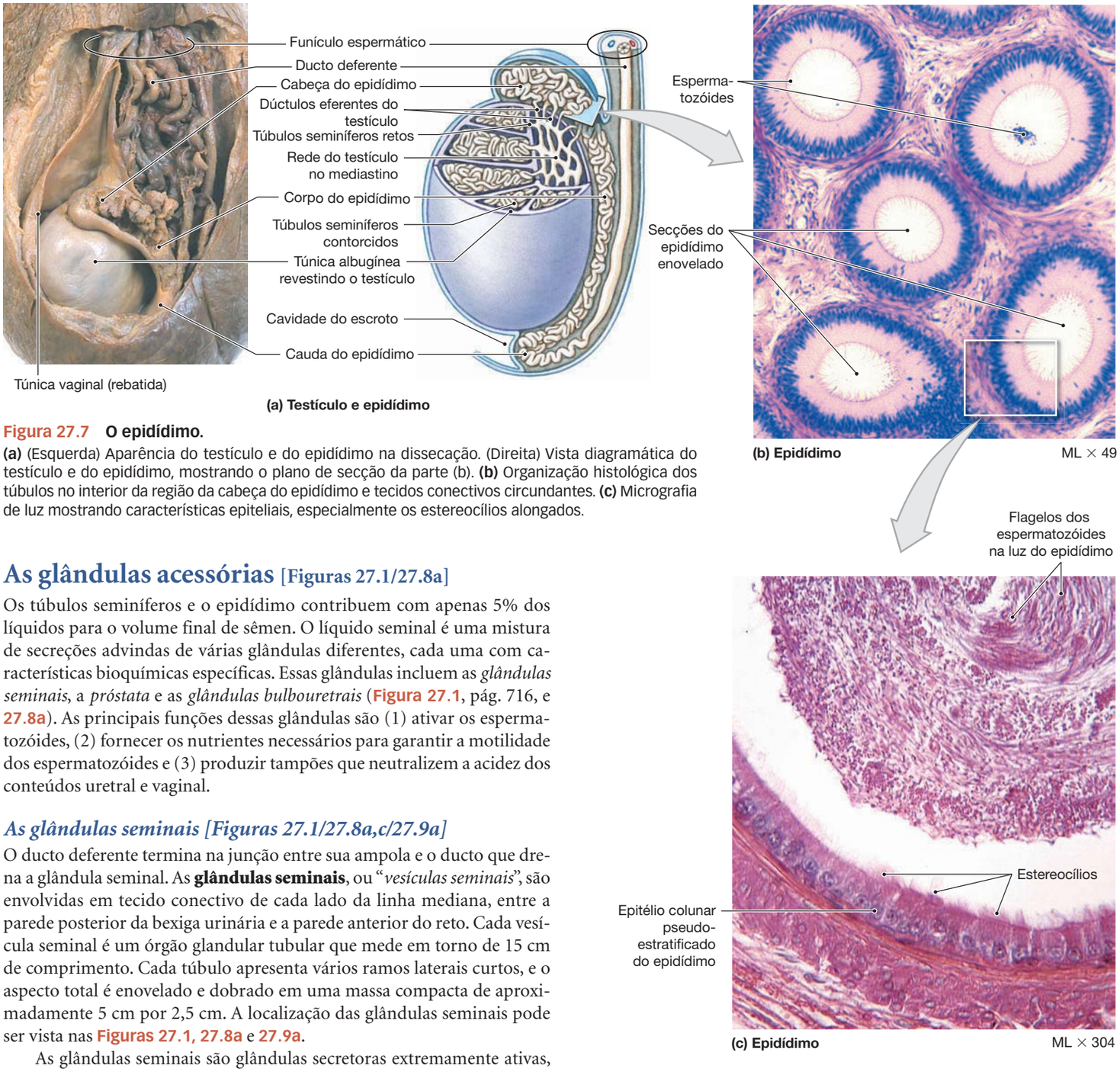


Figura 27.7 O epidídimo.
(a) (Esquerda) Aparência do testículo e do epidídimo na dissecação. (Direita) Vista diagramática do testículo e do epidídimo, mostrando o plano de secção da parte (b). **(b)** Organização histológica dos túbulos no interior da região da cabeça do epidídimo e tecidos conectivos circundantes. **(c)** Micrografia de luz mostrando características epiteliais, especialmente os estereocílios alongados.

As glândulas acessórias [Figuras 27.1/27.8a]

Os túbulos seminíferos e o epidídimo contribuem com apenas 5% dos líquidos para o volume final de sêmen. O líquido seminal é uma mistura de secreções advindas de várias glândulas diferentes, cada uma com características bioquímicas específicas. Essas glândulas incluem as *glândulas seminais*, a *próstata* e as *glândulas bulbouretrais* (Figura 27.1, pág. 716, e 27.8a). As principais funções dessas glândulas são (1) ativar os espermatozóides, (2) fornecer os nutrientes necessários para garantir a motilidade dos espermatozóides e (3) produzir tampões que neutralizem a acidez dos conteúdos uretral e vaginal.

As glândulas seminais [Figuras 27.1/27.8a,c/27.9a]

O ducto deferente termina na junção entre sua ampola e o ducto que drena a glândula seminal. As **glândulas seminais**, ou "*vesículas seminais*", são envolvidas em tecido conectivo de cada lado da linha mediana, entre a parede posterior da bexiga urinária e a parede anterior do reto. Cada vesícula seminal é um órgão glandular tubular que mede em torno de 15 cm de comprimento. Cada túbulo apresenta vários ramos laterais curtos, e o aspecto total é enovelado e dobrado em uma massa compacta de aproximadamente 5 cm por 2,5 cm. A localização das glândulas seminais pode ser vista nas Figuras 27.1, 27.8a e 27.9a.

As glândulas seminais são glândulas secretoras extremamente ativas, com um revestimento epitelial pseudo-estratificado colunar ou cubóide (Figura 27.8c). Essas glândulas contribuem com aproximadamente 60% do volume do sêmen e, embora o líquido vesicular geralmente tenha a mesma concentração osmótica que o plasma sangüíneo, a composição é bastante diferente. Em particular, as glândulas seminais contêm prostaglandinas, proteínas coagulantes e concentrações relativamente altas de frutose, que é facilmente metabolizada pelos espermatozóides para produzir ATP. ∞ pág. 38 O líquido seminal é liberado no ducto deferente na fase de *emissão*, quando ocorrem contrações peristálticas no ducto deferente, nas glândulas seminais e na próstata. Essas contrações são controladas pelo sistema nervoso simpático. ∞ pág. 466 Quando misturados às secreções das glândulas seminais, os espermatozóides anteriormente inativos, porém funcionais, iniciam os batimentos dos flagelos, tornando-se altamente móveis.

A próstata [Figuras 27.1/27.8a,e/27.9a]

A **próstata** é um órgão muscular pequeno, arredondado, com diâmetro de aproximadamente 4 cm. A próstata circunda a parte prostática da uretra, desde o ponto em que emerge da bexiga urinária (Figuras 27.1, 27.8a e 27.9a). O tecido glandular da próstata consiste em um aglomerado de 30 a 50 *glândulas tubuloalveolares compostas* (Figura 27.8e). Essas glândulas são circundadas e envolvidas por uma espessa capa de fibras musculares lisas. O revestimento epitelial varia de um epitélio simples até um epitélio colunar pseudo-estratificado.

A próstata produz **líquido prostático**, uma secreção levemente ácida que contribui com 20 a 30% para o volume do sêmen. Além de vários outros compostos de importância variável, as secreções prostáticas contêm

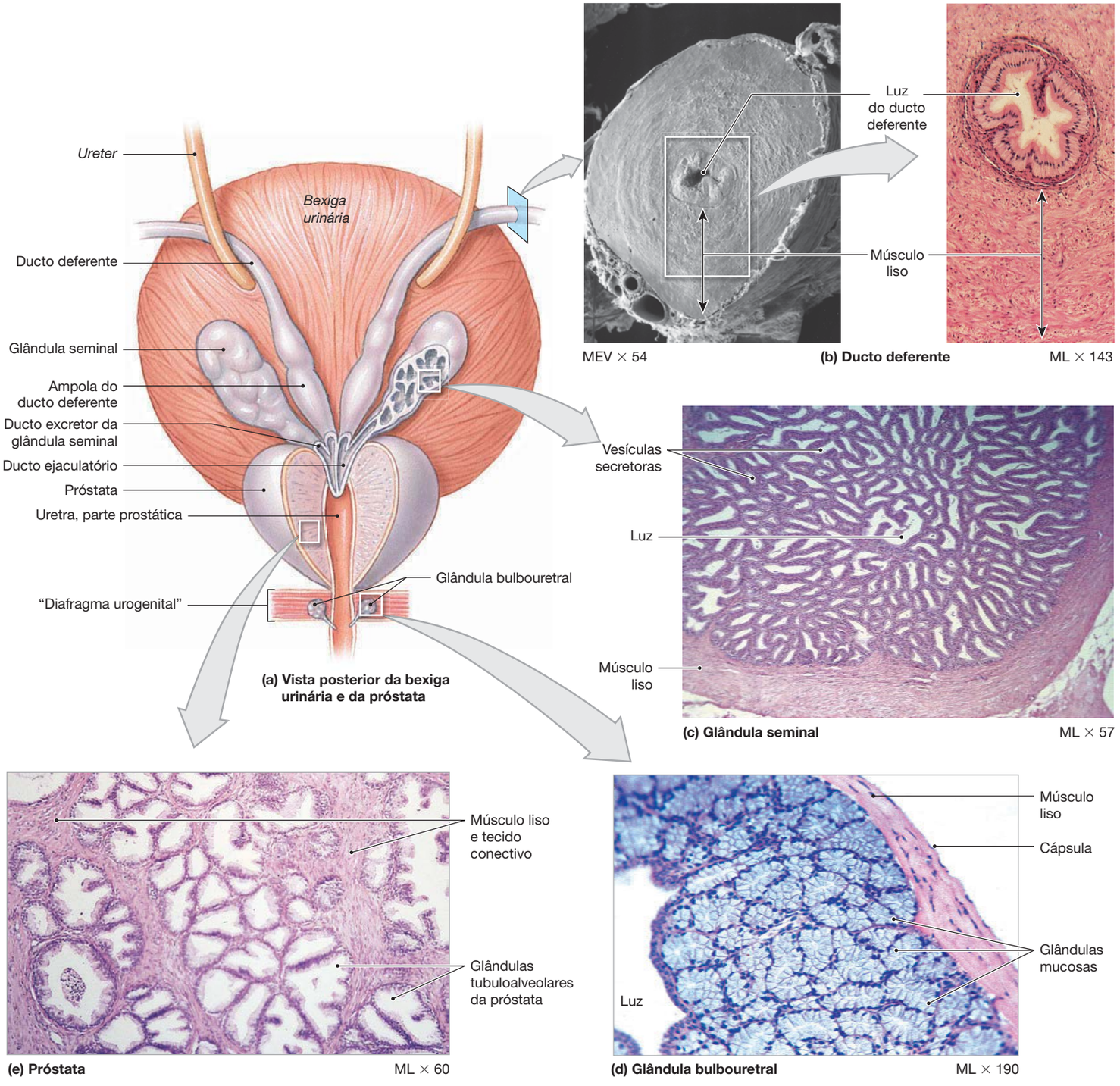


Figura 27.8 O ducto deferente e as glândulas acessórias.
(a) Vista posterior da bexiga urinária e da próstata, mostrando as subdivisões do ducto deferente em relação às estruturas adjacentes. **(b)** Micrografia de luz e micrografia eletrônica de varredura mostrando extensas camadas de músculo liso em torno da luz do ducto deferente. [*MEV © R. G. Kessel e R. H. Kardon, "Tissues and Organs: A Text-Atlas of Scanning Electron Microscopy," W. H. Freeman & Co., 1979. Todos os direitos reservados.*] **(c)** Histologia das glândulas seminais. Observe a extensa área de superfície glandular; estes órgãos produzem a maior parte do volume do líquido seminal. **(d)** Histologia das glândulas bulbouretrais, que secretam um muco espesso no interior da parte esponjosa da uretra. **(e)** Detalhe histológico da próstata. O tecido entre as unidades glandulares individuais é composto, em grande parte, de músculo liso. As contrações desse tecido muscular ajudam a manter as secreções no interior do ducto ejaculatório e da uretra.

plasmina seminal, um antibiótico que pode auxiliar na prevenção de infecções do trato urinário em homens. Essas secreções são ejetadas na parte prostática da uretra pelas contrações peristálticas da parede muscular.

As glândulas bulbouretrais [Figuras 27.1/27.8a,d/27.9a]

O par de **glândulas bulbouretrais**, ou *glândulas de Cowper*, está localizado junto à raiz do pênis, coberto pela membrana do períneo (Figuras 27.1, pág. 716, 27.8a e 27.9a). As glândulas bulbouretrais são arredondadas, com diâmetro aproximado de 10 mm. O ducto de cada glândula faz trajeto paralelo à parte esponjosa da uretra por 3 a 4 cm antes de esvaziar-se na cavidade da uretra. As glândulas e os ductos são revestidos por epitélio colunar simples. Essas glândulas mucosas tubuloalveolares compostas (Figura 27.8d) secretam um muco alcalino, espesso e viscoso. Esta secreção contribui para a neutralização de ácidos da urina que possam permanecer na uretra e oferece lubrificação à extremidade do pênis.

Sêmen (esperma)

Uma ejaculação típica libera entre 2 e 5 mL de sêmen. Este volume de líquido, denominado **ejaculado**, contém:

1. *Espermatozóides*: Uma **contagem de espermatozóides** normal varia entre 20 e 100 milhões de espermatozóides por mililitro de sêmen.
2. *Líquido seminal*: O **líquido seminal**, componente líquido do sêmen, é uma mistura de secreções glandulares com uma característica composição iônica e de nutrientes. Em termos de volume total, o líquido seminal contém as secreções combinadas das glândulas seminais (60%), da próstata (30%), das células de Sertoli e do epidídimo (5%) e das glândulas bulbouretrais (5%).
3. *Enzimas*: Várias enzimas importantes estão presentes no líquido seminal, incluindo (1) uma protease que pode auxiliar a dissolver secreções mucosas na vagina e (2) plasmina seminal, uma enzima antibiótica que mata uma variedade de bactérias, incluindo a *Escherichia coli*.

O pênis [Figuras 27.1/27.9]

O **pênis** é um órgão tubular que contém a maior parte da uretra (Figura 27.1). Ele conduz a urina para o ambiente externo e introduz sêmen na vagina da mulher durante a relação sexual. O pênis (Figura 27.9a,c) é dividido em três regiões:

- A **raiz do pênis** é a porção fixa que liga o pênis aos ramos do ísquio. Essa conexão ocorre na região do trígono urogenital, inferiormente à sínfise púbica. pág. 280
- O **corpo do pênis** é a porção tubular móvel, onde são encontradas massas de *tecido erétil*.
- A **glande do pênis** é a extremidade distal expandida que circunda o *óstio externo da uretra*.

A pele que recobre o pênis geralmente é mais pigmentada do que a pele de qualquer outro local do corpo e costuma ser desprovida de pêlos. A derme contém uma camada de músculo liso, e o tecido conectivo frouxo subjacente permite a movimentação desta pele fina sem que haja distorção das estruturas mais profundas. A tela subcutânea também contém artérias, veias e vasos linfáticos superficiais, mas relativamente poucas células adiposas.

Uma prega de pele, o **prepúcio**, envolve a glande do pênis. O prepúcio liga-se ao **colo da glande**, relativamente estreito, e continua-se sobre a glande que circunda o óstio externo da uretra. Não existem folículos pilosos nas superfícies em oposição. Entretanto, **glândulas do prepúcio** localizadas na pele junto ao colo da glande e na superfície interna do prepúcio secretam um material ceroso conhecido como **esmegma**, que inevitavelmente pode ser uma excelente fonte de nutrientes para bactérias. Inflamações leves e infecções são comuns nesta região, sobretudo se a área não é lavada cuidadosamente e com freqüência. Uma forma de se evitar estes problemas é realizar a denominada **circuncisão,** que consiste na remoção cirúrgica do prepúcio. Nas sociedades ocidentais (especialmente nos Estados Unidos), esse procedimento costuma ser realizado logo após o nascimento. Embora haja controvérsias a respeito dessa prática, sua continuação é mantida por fortes hábitos culturais e evidências epidemiológicas. Homens não-circuncisados apresentam maior incidência de infecções do trato urinário e riscos mais elevados de apresentar câncer de pênis em relação a homens circuncisados.

Profundamente ao tecido conectivo frouxo subjacente à derme, uma densa rede de fibras elásticas envolve as estruturas internas do pênis. A maior parte do corpo do pênis consiste em três colunas cilíndricas paralelas de **tecido erétil** (Figura 27.9). O tecido erétil consiste em um labirinto tridimensional de canais vasculares não totalmente separados por divisórias de tecido conectivo elástico e fibras musculares lisas. No estado de repouso, os ramos arteriais estão constritos e as divisórias musculares estão tensas. Esta combinação reduz o fluxo sangüíneo para o tecido erétil. A estimulação parassimpática produz o relaxamento da musculatura lisa das paredes arteriais. Com esse relaxamento muscular, (1) os vasos dilatam, (2) o fluxo sangüíneo aumenta, (3) os canais vasculares tornam-se ingurgitados de sangue e (4) ocorre a **ereção** do pênis. O pênis flácido (não-ereto) pende da sínfise púbica, anteriormente ao escroto; entretanto, durante a ereção, o pênis enrijece e adquire posição mais vertical.

Na superfície anterior (dorso) do pênis flácido, os dois **corpos cavernosos** cilíndricos são separados por um fino septo e envolvidos por uma densa bainha de colágeno. Na raiz, os corpos cavernosos se separam formando os **ramos do pênis**. Cada ramo do pênis é ligado a um ramo do ísquio por ligamentos resistentes de tecido conectivo. Os corpos cavernosos se estendem distalmente ao longo do comprimento do pênis até a glande, e cada corpo cavernoso contém uma **artéria profunda do pênis** (Figura 27.9a).

O **corpo esponjoso** envolve a parte esponjosa da uretra. Esse corpo erétil se estende da fáscia superficial do "diafragma urogenital" até a extremidade do pênis, onde ele se expande para formar a glande. A bainha que circunda o corpo esponjoso apresenta mais fibras elásticas em relação àquelas que envolvem os corpos cavernosos, e o tecido erétil contém um par de artérias. O **bulbo do pênis** é a extremidade proximal alargada do corpo esponjoso, na raiz do pênis.

Após a ereção, a liberação do sêmen envolve um processo de duas etapas. Durante a **emissão**, o sistema nervoso simpático coordena contrações peristálticas que se propagam seqüencialmente no ducto deferente, nas glândulas seminais, na próstata e nas glândulas bulbouretrais. Essas contrações misturam os componentes líquidos do sêmen no interior do trato genital masculino. A **ejaculação** então ocorre, enquanto poderosas contrações rítmicas iniciam-se nos *músculos isquiocavernoso* e *bulboesponjoso* do períneo. págs. 279-280 Os músculos isquiocavernosos inserem-se ao longo das superfícies laterais do pênis, e a função primária de suas contrações está relacionada ao enrijecimento do órgão. Os músculos bulboesponjosos circundam a raiz do pênis, e suas contrações propelem o sêmen na direção do óstio externo da uretra. Essas contrações são controladas por reflexos que envolvem os segmentos lombares inferiores e sacrais superiores da medula espinal. págs. 457, 466

REVISÃO DOS CONCEITOS

1. Quais são e onde ocorrem as duas fases da capacitação?
2. Indique o trajeto de um espermatozóide em desenvolvimento, desde seu desligamento da célula de Sertoli até sua liberação do corpo.

Veja a seção de Respostas na parte final do livro.

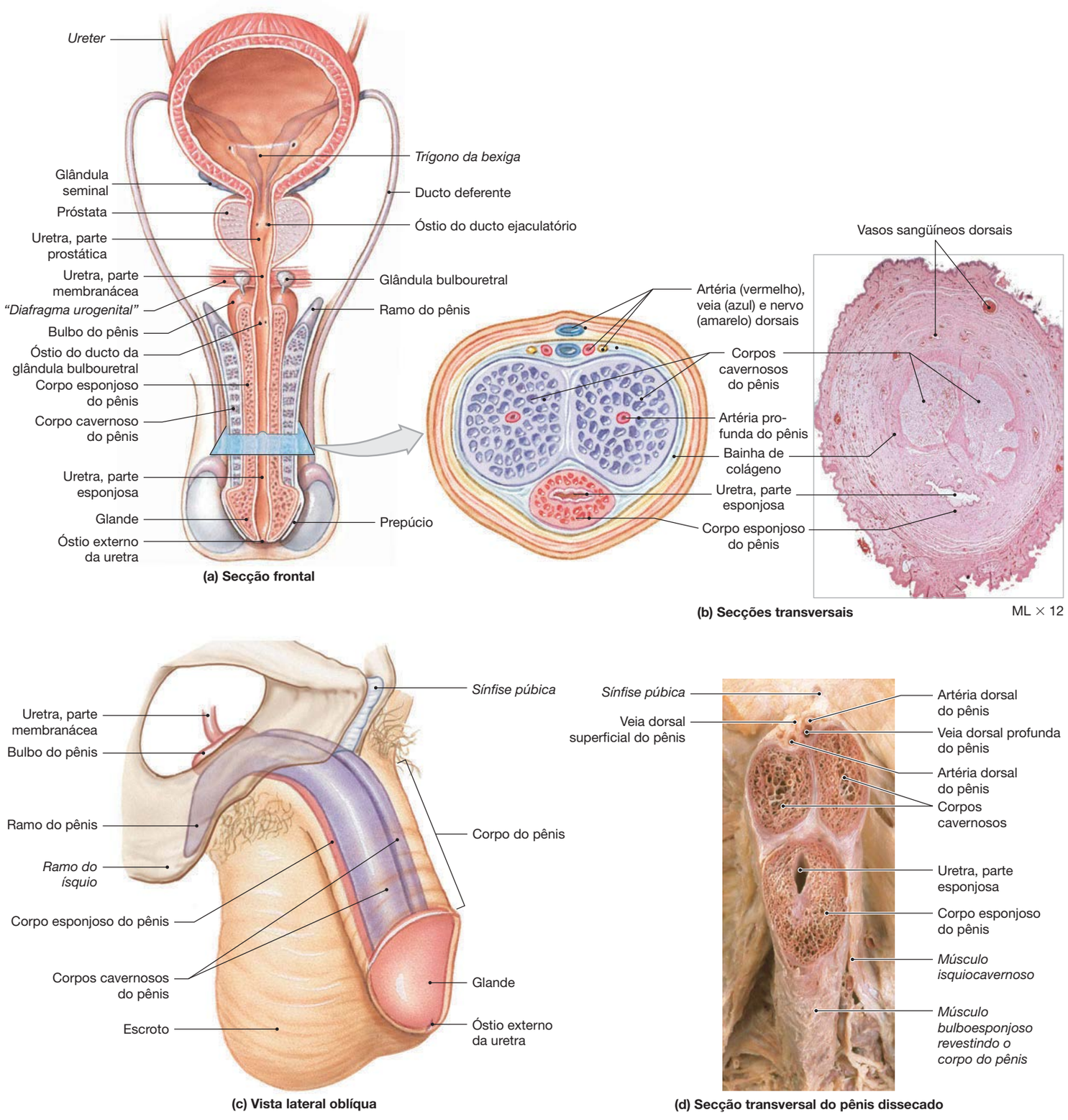


Figura 27.9 O pênis.
(a) Secção frontal mostrando as estruturas do pênis. **(b)** Secções transversais do pênis, mostrando a relação histológica da uretra e das três massas de tecido erétil. **(c)** Vista lateral e oblíqua do pênis, mostrando a orientação dos tecidos eréteis. **(d)** Secção transversal do corpo do pênis.

Resumo de embriologia

Para um resumo do desenvolvimento do sistema genital masculino, consulte o Capítulo 28 (Embriologia e Desenvolvimento Humano).

Anatomia do sistema genital feminino [Figuras 27.10/27.11/27.15]

O sistema genital feminino precisa produzir gametas funcionais, proteger e sustentar um embrião em desenvolvimento, além de propiciar a amamentação ao recém-nascido. As principais estruturas do sistema genital feminino são mostradas na Figura 27.10. Os gametas femininos deixam os **ovários**, fazem trajeto ao longo das **tubas uterinas** (*trompas de Falópio* ou *oviductos*), onde pode ocorrer a fertilização, e por fim atingem o **útero**. O útero se abre no interior da **vagina**; o óstio da vagina é circundado pelos órgãos genitais femininos externos. Como no homem, uma variedade de glândulas acessórias lança secreção no interior do trato genital.

Os ovários, as tubas uterinas e o útero estão relacionados a uma extensa projeção de peritônio conhecida como **ligamento largo do útero** (Figuras 27.11 e 27.15). As tubas uterinas se estendem ao longo da margem superior do ligamento largo e se abrem na cavidade peritoneal, lateralmente aos ovários. A margem livre do ligamento largo do útero que se fixa a cada tuba uterina é conhecida como **mesossalpinge**. Uma prega espessada do ligamento largo do útero, o **mesovário**, sustenta cada ovário e estabiliza sua posição.

O ligamento largo do útero fixa-se às superfícies laterais do soalho da cavidade pélvica, onde se continua com o peritônio parietal. Desse modo, o ligamento largo do útero subdivide a cavidade pélvica. A bolsa formada entre a parede posterior do útero e a superfície anterior do reto é a **escavação retouterina**, e a bolsa entre a parede anterior do útero e a parede posterior da bexiga urinária é a **escavação vesicouterina** (Figuras 27.10 e 27.11c). Estas divisões são mais evidentes em secção sagital.

Vários outros ligamentos auxiliam o ligamento largo do útero na sustentação e estabilização da posição do útero e dos órgãos genitais associados. Esses ligamentos fazem trajeto entre as lâminas do ligamento largo do útero em direção aos ovários e ao útero. O ligamento largo do útero limita os movimentos laterais e de rotação, enquanto outros ligamentos (detalhados a seguir, na próxima seção) evitam os movimentos verticais.

Os ovários [Figuras 27.10/27.11/27.15]

Os **ovários** são pequenos órgãos pares localizados nas proximidades das paredes laterais da cavidade pélvica (Figuras 27.10, 27.11 e 27.15). Um ovário típico apresenta formato ovalado e planificado, medindo aproximadamente 5 cm de comprimento, 2,5 cm de largura e 8 mm de espessura. Cada ovário pesa de 6 a 8 g. Esses órgãos são responsáveis pela produção de óvulos e secreção de hormônios. A posição de cada ovário é estabilizada pelo mesovário e por um par de ligamentos de sustentação: o *ligamento útero-ovárico* e o *ligamento suspensor do ovário*. O **ligamento útero-ovárico** (**próprio do ovário**) se estende da parede lateral do útero, nas proximidades da fixação da tuba uterina, até a extremidade uterina do ovário. O **ligamento suspensor do ovário** se estende da extremidade tubária do ovário, imediatamente após a extremidade aberta da tuba uterina, até a parede da cavidade pélvica. Os principais vasos sangüíneos, a **artéria ovárica** e a **veia ovárica**, fazem trajeto na direção dos ovários, e a partir deles, no interior do ligamento suspensor do ovário; estendem-se através do mesovário, acompanhadas por nervos e vasos linfáticos, conectando-se aos ovários no **hilo do ovário** (Figura 27.11).

Cada ovário tem uma coloração rósea ou amarelada e uma consistência nodular que pode ser comparada ao queijo *cottage* ou a um mingau de aveia de consistência firme e granulosa. O peritônio visceral que recobre a superfície de cada ovário é constituído por uma camada única de epitélio cubóide, denominado **epitélio germinativo**, que se sobrepõe a uma camada de tecido conectivo denso, denominada **túnica albugínea**. O interior do ovário pode ser dividido em um *córtex*, superficial, e uma *medula*, profunda (Figura 27.11b). A produção dos gametas ocorre no córtex do ovário.

Nota clínica

Câncer de ovário O **câncer de ovário** é o terceiro câncer genital mais comum entre as mulheres. Apresenta uma alta taxa de mortalidade porque raramente é diagnosticado em seus estágios mais precoces. Nos Estados Unidos, as chances de uma mulher desenvolver este tipo de câncer são próximas de 1 para 70. Aproximadamente 6% de todos os cânceres na mulher são diagnosticados como câncer de ovário, e esta é a quarta causa de morte relacionada ao câncer em mulheres nos Estados Unidos. O prognóstico é relativamente bom para os cânceres que se originam nos tecidos ováricos de modo geral ou a partir de oócitos anormais. Esses cânceres respondem bem a algumas combinações de quimioterapia, radiação e cirurgia. Contudo, 85% dos cânceres de ovário se desenvolvem a partir de células epiteliais, e uma remissão sustentada pode ser obtida apenas em aproximadamente um terço dos casos. O diagnóstico precoce melhora bastante as chances de sucesso do tratamento, mas até o momento não há nenhum procedimento deste tipo que seja padronizado e efetivo nesta inspeção e detecção.

O tratamento necessário nos estágios iniciais envolve a remoção unilateral do ovário e da tuba uterina (uma *salpingooforectomia*). Em casos de câncer mais avançados, são indicadas a *salpingooforectomia bilateral* (SOB) e a *histerectomia total* (remoção do útero). Como as células-tronco na medula óssea são destruídas pelas substâncias químicas usadas na quimioterapia agressiva, pode também ser necessário um transplante de medula óssea. Alguns agentes quimioterápicos são introduzidos na cavidade peritoneal, onde grandes concentrações podem ser administradas sem os efeitos sistêmicos que acompanhariam a infusão destas drogas na corrente sangüínea, e este procedimento é denominado *terapia intraperitoneal*.

O ciclo ovariano e a oogênese [Figuras 27.12/27.13]

A produção dos gametas femininos, um processo denominado **oogênese**, começa antes do nascimento, permanece latente até a puberdade e termina na menopausa. Na puberdade, isso geralmente ocorre com uma periodicidade mensal, como parte do **ciclo ovárico**. O desenvolvimento dos gametas ocorre em estruturas especializadas denominadas **folículos ováricos**. Diferentemente da situação nas gônadas masculinas, as células-tronco, ou **oogônias**, da mulher completam suas divisões mitóticas antes do nascimento. No ovário, ao nascimento, existem cerca de 2 milhões de **oócitos primários**; na puberdade este número sofre um declínio para aproximadamente 400.000 em função da degeneração. Este processo degenerativo, denominado **atresia**, forma *folículos atrésicos*. Os oócitos primários remanescentes estão localizados em grupamentos de **folículos primordiais**, na porção mais externa do córtex do ovário, nas proximidades da túnica albugínea. Cada oócito primário situado no interior de um desses grupamentos de folículos primordiais é circundado por uma camada de células escamosas foliculares simples. Em conjunto, os oócitos primários e as células foliculares constituem um **folículo ovárico primordial**.

Na puberdade, o aumento dos níveis de HFE (FSH) desencadeia o início do ciclo ovárico e, daí por diante, a cada mês, alguns folículos primordiais são estimulados e passam pelo processo de maturação. Etapas importantes deste ciclo são mostradas na Figura 27.12.

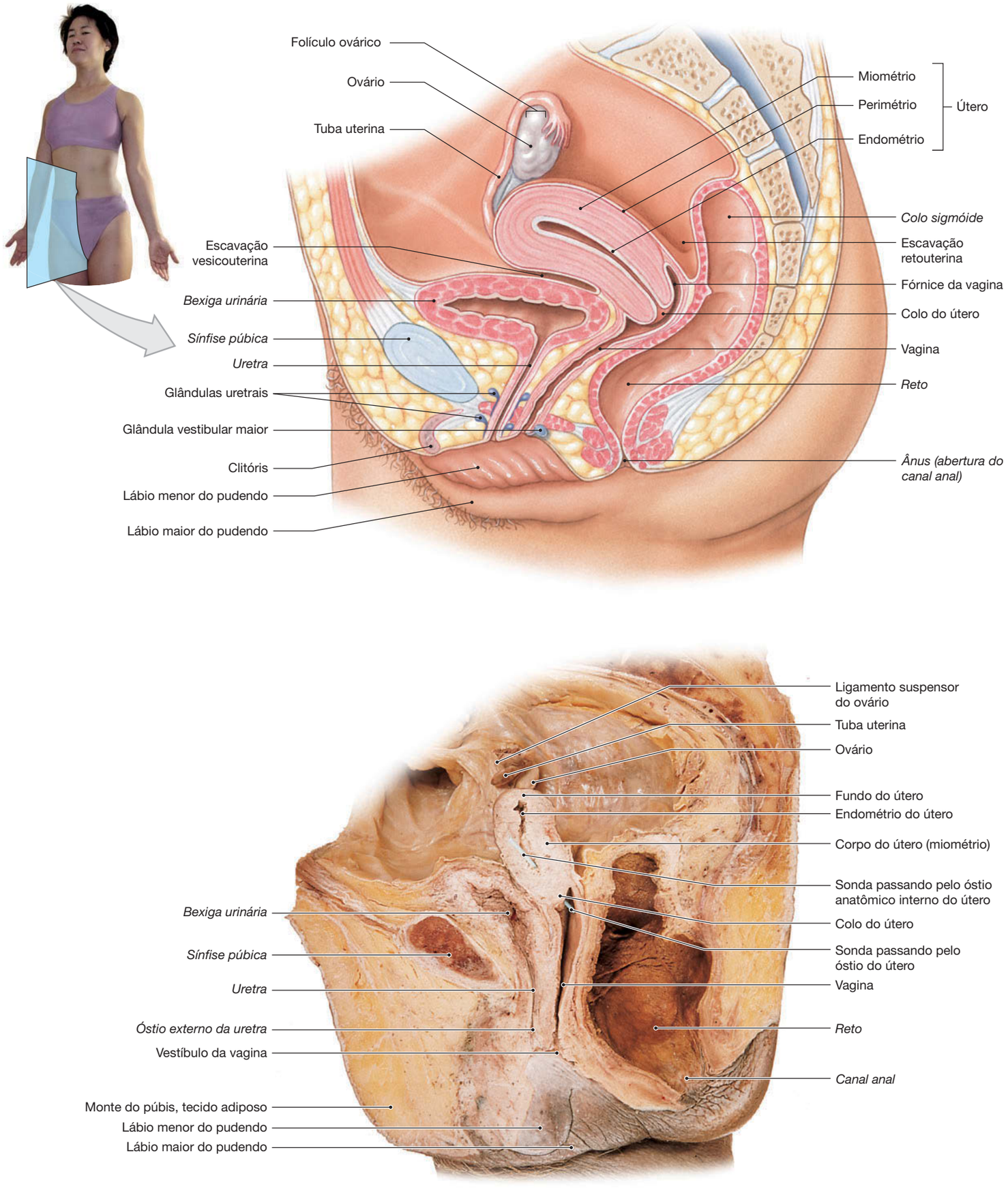


Figura 27.10 O sistema genital feminino.
Pelve e períneo femininos em secção sagital.

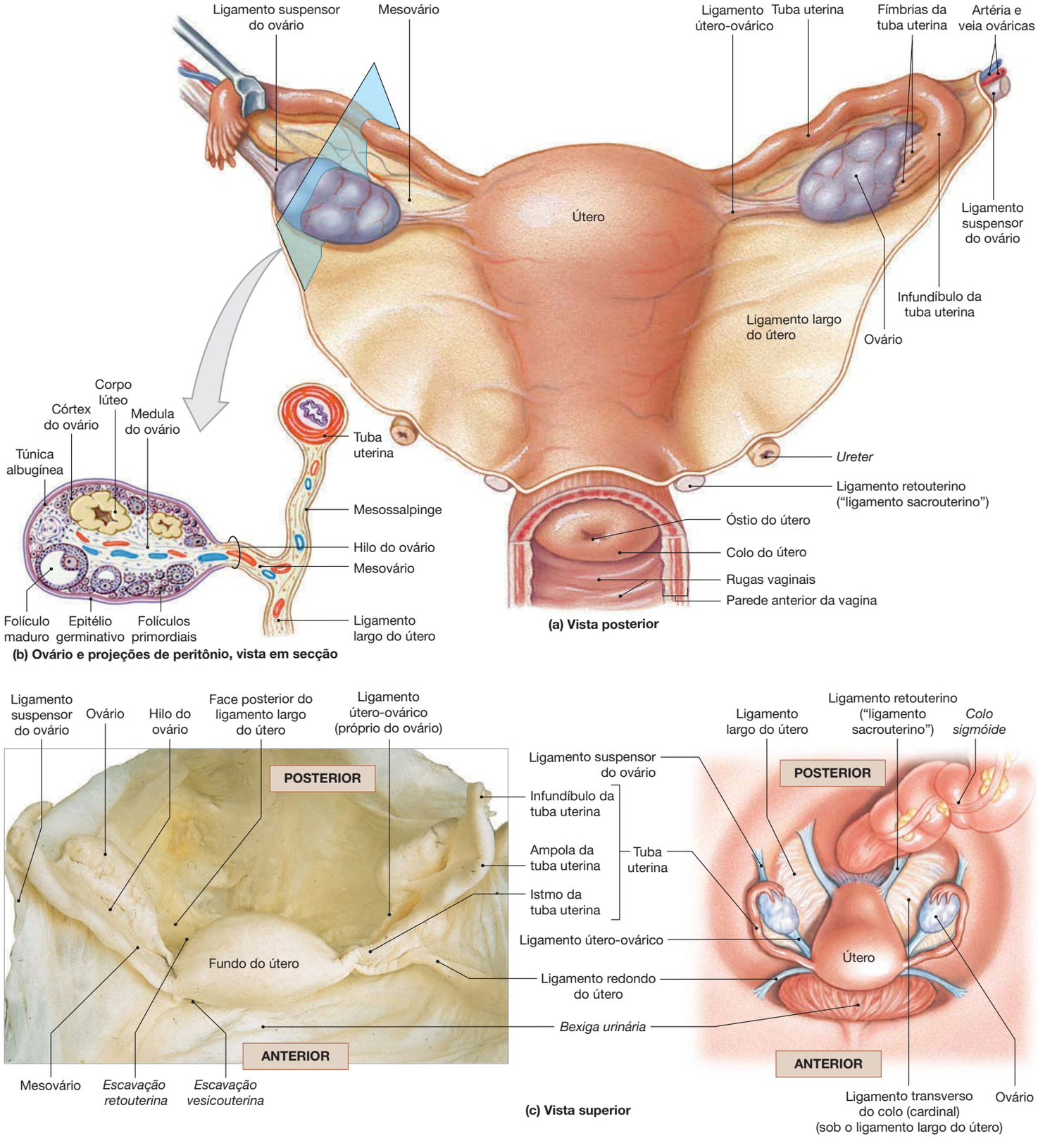


Figura 27.11 Os ovários, as tubas uterinas e o útero.
(a) Vista posterior dos ovários, das tubas uterinas, do útero e de seus ligamentos de sustentação. **(b)** O ovário e projeções de peritônio associadas, vista seccional. **(c)** Vista superior da cavidade pélvica feminina, mostrando os ligamentos de sustentação do útero e dos ovários. Na fotografia, a bexiga urinária não pode ser vista porque está recoberta pelo peritônio.

Etapa 1. ***Formação dos folículos primários.*** O ciclo ovárico começa quando os folículos primordiais ativados evoluem para formar **folículos primários**. Em um folículo primário, as células foliculares crescem e são submetidas a divisões celulares repetidas. Como resultado dessas divisões, várias camadas de células foliculares desenvolvem-se ao redor do oócito. Enquanto a parede do folículo se espessa, abre-se um espaço entre o oócito em desenvolvimento e as células foliculares mais internas. Essa região, que contém microvilosidades intercaladas, formadas a partir das células foliculares e a partir dos oócitos, é denominada **zona pelúcida**. As células foliculares continuam a fornecer nutrientes ao oócito em desenvolvimento. Essas células foliculares são denominadas **células granulosas**.

O desenvolvimento dos folículos primordiais para se tornarem folículos primários e as subseqüentes maturações ocorrem sob estimulação do HFE (FSH). À medida que as células foliculares crescem e se multiplicam, células adjacentes no estroma ovárico formam uma camada constituída por **células da teca** ao redor do folículo. As células da teca e as células granulosas trabalham em associação para liberar hormônios esteróides denominados *estrógenos*. O hormônio **estradiol** é o estrógeno mais importante e o hormônio predominante antes da ovulação. Os estrógenos têm várias funções importantes, incluindo (1) a estimulação do crescimento dos músculos e ossos; (2) a manutenção dos caracteres sexuais femininos secundários; (3) a influência na atividade do SNC, incluindo

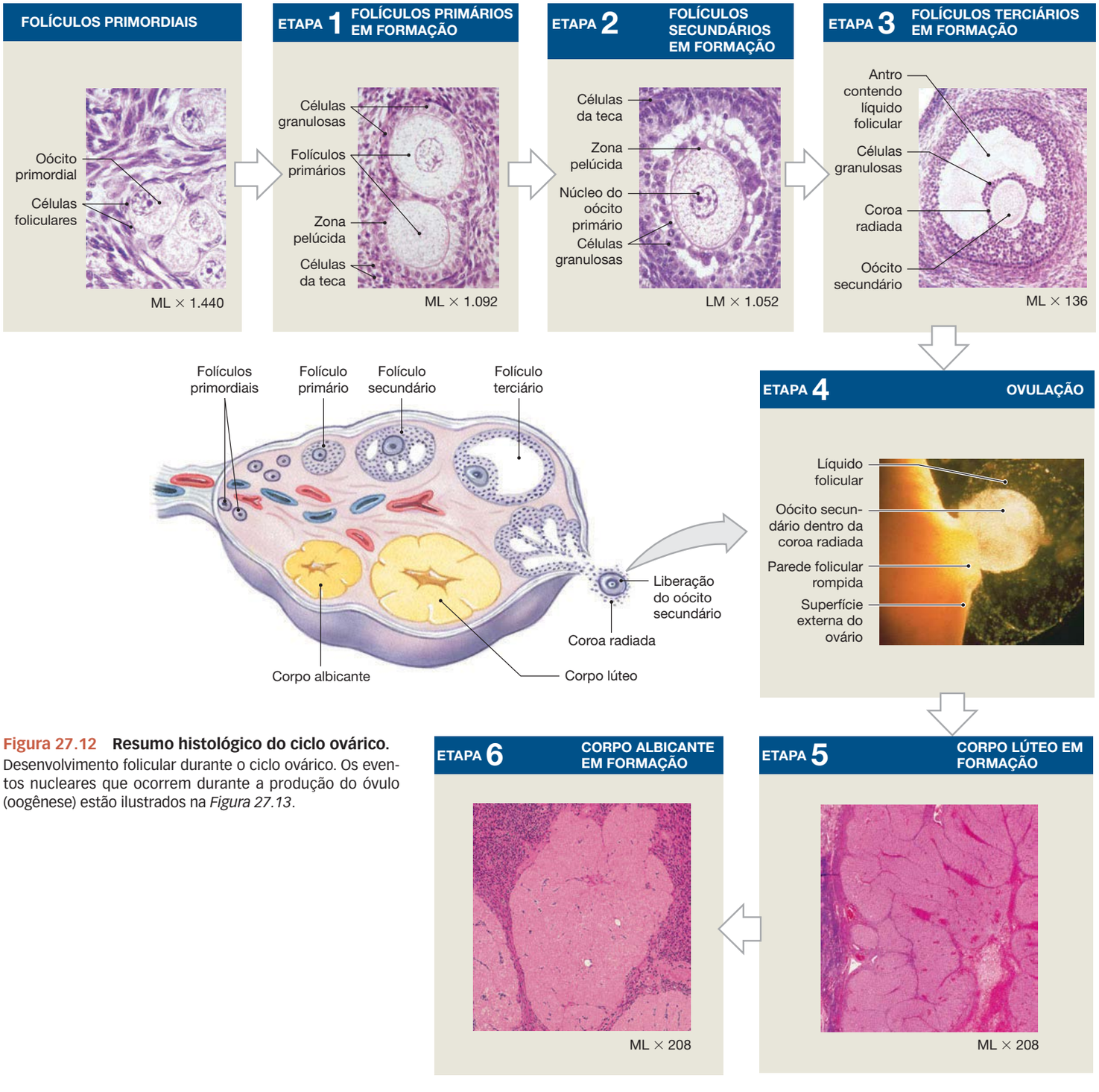


Figura 27.12 **Resumo histológico do ciclo ovárico.** Desenvolvimento folicular durante o ciclo ovárico. Os eventos nucleares que ocorrem durante a produção do óvulo (oogênese) estão ilustrados na *Figura 27.13*.

comportamento e instintos relacionados ao gênero; (4) a manutenção da função das glândulas e dos órgãos genitais; e (5) o início da reparação e do crescimento do revestimento uterino.

Etapa 2. ***Formação dos folículos ováricos secundários.*** Embora muitos folículos primordiais se desenvolvam em folículos primários, somente poucos folículos primários se desenvolvem em folículos secundários. A transformação é iniciada quando a parede do folículo se espessa e as células foliculares mais profundas começam a secretar pequenas quantidades de líquido. Esse **líquido folicular** acumula-se em pequenas bolsas que se expandem gradualmente e separam as células das camadas internas e externas do folículo. Nesse estágio, o complexo é conhecido como **folículo secundário**. Embora o oócito continue a crescer lentamente, o folículo como um todo agora cresce rapidamente em função deste acúmulo de líquido.

Etapa 3. ***Formação de um folículo ovárico terciário.*** Oito a dez dias depois de o ciclo ovárico ter sido iniciado, os ovários contêm geralmente apenas um único folículo secundário destinado para maturação posterior. Por volta do 10º ao 14º dia do ciclo, o folículo secundário se desenvolveu em **folículo terciário**, ou **folículo ovárico maduro**, ou *folículo de Graaf*, atingindo aproximadamente 15 mm de diâmetro. Esse complexo abrange a largura total do córtex e estira a parede do ovário, criando um abaulamento proeminente na superfície do órgão. O oócito projeta-se para o interior da câmara central expandida, ou **antro**, circundado por uma massa de células granulosas.

Até este estágio, o oócito esteve em estado latente, na prófase da primeira divisão meiótica. Essa divisão agora se completa. Embora os eventos nucleares durante a oogênese sejam idênticos àqueles da espermatogênese, o citoplasma do oócito primário não é uniformemente distribuído (Figura 27.13). Em vez de produzir dois oócitos secundários, a primeira divisão meiótica produz um **oócito secundário** e um **corpo polar**, pequeno e não-funcional. O oócito secundário então prossegue para o estágio da metáfase da segunda divisão meiótica, que não será completada, a menos que ocorra a fertilização. Se ocorrer fertilização, a segunda divisão meiótica será completada, produzindo um ovo e um corpo polar não-funcional. Assim, em vez de produzir quatro gametas de tamanho aproximadamente igual, a oogênese produz um único óvulo contendo mais citoplasma do que o oócito primário e corpos polares que são simplesmente depositários de "cromossomos-extra".

Etapa 4. ***Ovulação.*** À medida que o momento da liberação do gameta, ou **ovulação**, se aproxima, o oócito secundário e as células foliculares circundantes perdem suas conexões com a parede folicular e permanecem livres no interior do antro. Esse evento ocorre idealmente no 14º dia de um ciclo de 28 dias. As células foliculares que circundam o oócito são agora conhecidas como **coroa radiada**. A parede folicular distendida então se rompe, liberando os conteúdos foliculares, incluindo o oócito, na cavidade peritoneal. O líquido folicular viscoso geralmente mantém a coroa radiada fixa à superfície do ovário, de onde o oócito movimenta-se para o interior da tuba uterina (óstio abdominal), direcionado pelo contato direto com a extremidade aberta da tuba uterina e/ou por correntes de líquido.

O estímulo para a ovulação é um aumento súbito dos níveis de HL (LH), que fragiliza a parede folicular. Esse aumento repentino na liberação de HL coincide com – e é desencadeado por – um pico nos níveis de estrógeno, que ocorre com o amadurecimento do folículo terciário. A **fase folicular** do ciclo ovárico é o período entre o início do ciclo e o término da ovulação. A duração desta fase comumente varia de 7 a 28 dias.

Etapa 5. ***Formação do corpo lúteo.*** Inicialmente, o folículo vazio colapsa causando o rompimento dos vasos e o conseqüente sangramento no interior de sua cavidade. As células foliculares remanescentes, então,

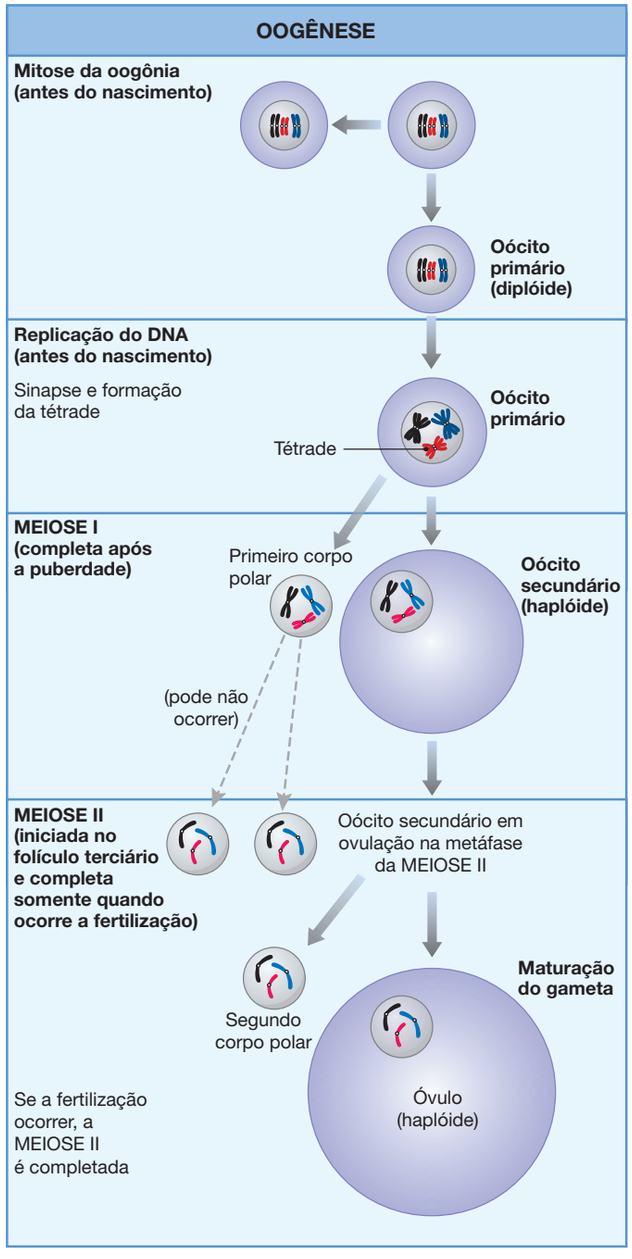


Figura 27.13 **Meiose e produção do óvulo.**

invadem a área e proliferam-se para formar uma estrutura endócrina de vida curta conhecida como **corpo lúteo**, que recebe esta denominação em função de sua coloração amarelada (*luteus*, amarelo). A formação do corpo lúteo ocorre sob a estimulação do HL.

Os lipídeos contidos no corpo lúteo são utilizados para sintetizar os hormônios esteróides conhecidos como **progestinas**; a principal progestina é a **progesterona**. Embora quantidades moderadas de estrógenos sejam ainda secretadas pelo corpo lúteo, a progesterona é o principal hormônio do período pós-ovulatório. Sua função primordial está relacionada à continuidade da preparação do útero para a gestação.

Etapa 6. ***Formação do corpo albicante.*** A menos que ocorra a fertilização, o corpo lúteo começa a degenerar ao redor de 12 dias após a ovulação. Os níveis de progesterona e estrógeno então caem acentuadamente. Os fibroblastos invadem o corpo lúteo não-funcional, produzindo um enovelado de tecido cicatricial, de coloração pálida, denominado **corpo albicante**.

A desintegração, ou *involução* do corpo lúteo, marca o fim do ciclo ovárico. A **fase lútea** do ciclo ovárico começa na ovulação e termina com a involução do corpo lúteo. Geralmente, a duração dessa fase é de 14 dias. Devido à ampla variação da duração da fase folicular, o ciclo ovárico completo pode durar entre 21 e 35 dias.

Outro ciclo ovárico inicia-se imediatamente, porque o declínio dos níveis de estrógeno e progesterona, que ocorre ao término de um ciclo, estimula a produção do **hormônio liberador da gonadotrofinas (HLG/GnRH)** pelo hipotálamo. Esse hormônio desencadeia o aumento da produção do HFE (FSH) e do HL (LH) pelo lobo anterior da hipófise, e esse aumento estimula outro período de desenvolvimento folicular.

As mudanças hormonais envolvidas no ciclo ovárico afetam as atividades de outros tecidos e órgãos genitais. No útero, as mudanças hormonais são responsáveis pela manutenção do *ciclo uterino*, que será discutido posteriormente.

Envelhecimento e oogênese

Embora muitos folículos primordiais possam ter se desenvolvido como folículos ováricos primários, e muitos folículos primários amadurecidos em folículos secundários, na ovulação geralmente apenas um único oócito secundário é liberado dentro da cavidade pélvica. O restante sofre atresia. Na puberdade existem aproximadamente 200.000 folículos primordiais em cada ovário. Quarenta anos depois, há poucos ou nenhum folículo, embora somente cerca de 500 terão ovulado nesse intervalo.

As tubas uterinas [Figuras 27.10/27.11/27.14/27.15]

Cada **tuba uterina** é um tubo muscular oco medindo aproximadamente 13 cm de extensão (**Figuras 27.10**, pág. 728, **27.11**, pág. 729, **27.14** e **27.15**). Cada tuba é dividida em quatro partes:

1. O *infundíbulo da tuba uterina*: A extremidade mais próxima ao ovário forma um funil expandido, o **infundíbulo da tuba uterina**, com numerosas projeções digitiformes que se estendem para a cavidade pélvica. As projeções são chamadas de **fímbrias**. As células de revestimento da superfície interna do infundíbulo apresentam cílios que se movem em direção à *ampola da tuba uterina*, o segmento médio da tuba uterina.
2. A *ampola da tuba uterina*: A **ampola da tuba uterina** é a porção intermediária. O espessamento das camadas de músculo liso na parede da ampola aumenta sensivelmente à medida que se aproxima do útero.
3. O *istmo da tuba uterina*: A ampola conduz ao **istmo da tuba uterina**, um segmento curto, adjacente à parede uterina.
4. A *parte uterina*: O istmo se continua com a pequena **parte uterina**, ou *parte intramural da tuba uterina*. A parte uterina se abre na cavidade do útero.

Histologia da tuba uterina [Figura 27.14b,c]

O epitélio de revestimento da tuba uterina apresenta células colunares simples ciliadas e não-ciliadas (**Figura 27.14c**). A túnica mucosa é envolvida por camadas concêntricas de musculatura lisa (**Figura 27.14b**). O transporte de materiais ao longo da tuba uterina envolve uma combinação de movimentos ciliares e contrações peristálticas de suas paredes. Poucas horas antes da ovulação, nervos simpáticos e parassimpáticos do plexo hipogástrico "acionam" esse padrão de batimento. As tubas uterinas transportam o oócito secundário para maturação final e fertilização. Normalmente, três a quatro dias transcorrem para que um oócito faça o trajeto desde o infundíbulo até a cavidade do útero. *Para ocorrer a fertilização, o oócito secundário deve encontrar o espermatozóide durante as primeiras 12 a 24 horas nesse percurso.* A fertilização tipicamente ocorre na ampola da tuba uterina.

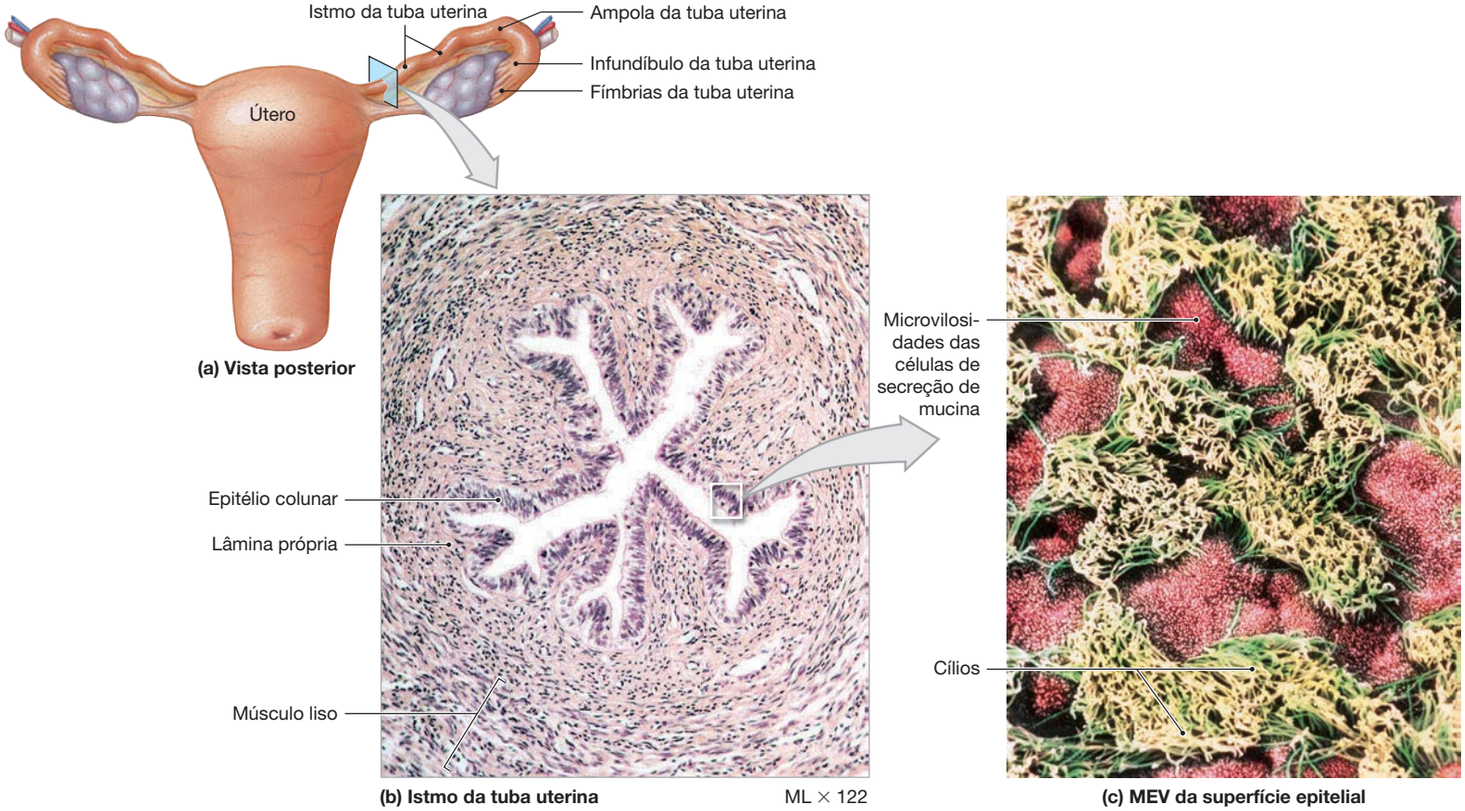


Figura 27.14 As tubas uterinas.
(a) Partes das tubas uterinas. **(b)** Histologia do istmo da tuba uterina, vista seccional. **(c)** MEV colorida do revestimento ciliado da tuba uterina.

Além da função de transporte, a tuba uterina também oferece um meio nutritivo contendo lipídeos e glicogênio. Essa mistura fornece nutrientes para os espermatozóides e para o pré-embrião em desenvolvimento. Oócitos não-fertilizados degeneram nas porções terminais das tubas uterinas ou no interior do útero.

REVISÃO DOS CONCEITOS

1. Quais são as funções das células foliculares?
2. Como a presença de cicatrizes na tuba uterina poderia causar infertilidade?

Veja a seção de Respostas na parte final do livro.

O útero [Figuras 27.10/27.11/27.15]

O **útero** oferece proteção mecânica, sustentação nutricional e remoção de resíduos para o embrião em desenvolvimento (semanas 1 a 8) e para o feto (desde a semana 9 até o parto). Além disso, as contrações da musculatura da parede uterina são importantes na expulsão do feto no momento do nascimento. A posição do útero na cavidade pélvica e suas relações com outros órgãos pélvicos podem ser observadas em diferentes vistas nas Figuras 27.10, pág. 728, 27.11, pág. 729, e 27.15.

O útero é um órgão pequeno, piriforme, com aproximadamente 7,5 cm de comprimento e diâmetro máximo de 5 cm, pesando entre 30 e 40 g. Em sua posição normal, o útero curva-se anteriormente nas proximidades de seu colo, uma situação denominada **anteflexão**. Nessa posição, o útero situa-se sobre as superfícies superior e posterior da bexiga urinária (Figura 27.10). Se, em posição contrária, o útero se curvar posteriormente em direção ao sacro, a situação é denominada **retroflexão**. A retroflexão não tem significado clínico e ocorre em 20% das mulheres adultas.

Ligamentos suspensores do útero [Figuras 27.11/27.15a]

Além das lâminas de peritônio do ligamento largo, três pares de ligamentos suspensores estabilizam a posição do útero e limitam a amplitude de seus movimentos (Figuras 27.11 e 27.15a). Os **ligamentos retouterinos** ("*ligamentos sacrouterinos*")* se estendem desde as superfícies laterais do útero até a face anterior do sacro, restringindo a movimentação inferior e anterior do *corpo* do útero. Os **ligamentos redondos do útero** originam-se nas margens laterais do útero, na região imediatamente inferior à fixação das tubas uterinas, e se estendem anteriormente atravessando o canal inguinal, antes de terminarem nos tecidos conectivos dos órgãos genitais externos (lábios maiores do pudendo). Esses ligamentos restringem primordialmente o movimento posterior do útero. Os **ligamentos transversos do colo (cardinais)** se estendem desde o colo do útero e a vagina para as paredes laterais da pelve. Esses ligamentos também tendem a evitar o movimento inferior do útero. Sustentação mecânica adicional é fornecida pelos músculos esqueléticos e pelas fáscias do diafragma da pelve.

Anatomia interna do útero [Figura 27.15]

O **corpo do útero** é a sua maior parte (Figura 27.15a). O **fundo** é a porção arredondada do corpo do útero, localizada superiormente à penetração das tubas uterinas. O corpo termina em uma constrição conhecida como *istmo do útero*. O **colo do útero** é a porção inferior que se estende do istmo até a vagina.

O colo apresenta um formato tubular e se projeta aproximadamente 1,25 cm para o interior da vagina; sua extremidade distal forma uma superfície com margem curva que envolve e limita (lábios anterior e posterior) a abertura externa do útero, o **óstio do útero**. O óstio do útero conduz ao interior do **canal do colo do útero**, uma estreita passagem que se abre na **cavidade do útero** por meio do **óstio anatômico interno do útero** (Figura 27.15). O muco que preenche o canal do colo e fecha o óstio do útero auxilia a evitar a passagem de bactérias da vagina para o interior do canal do colo do útero. Com a aproximação do período de ovulação, o muco altera sua viscosidade e torna-se mais aquoso. A viscosidade excessiva do muco dificulta a penetração dos espermatozóides no útero e pode impedir sua ascensão até as tubas uterinas. Esse fator reduz as chances da ocorrência da fertilização. Por esse motivo, o tratamento da infertilidade feminina pode incluir drogas que reduzem a viscosidade do muco cervical.

* N. de R.T. Na Terminologia Anatômica encontramos o termo ligamento retouterino, que constitui a elevação correspondente de peritônio denominada prega retouterina. Esse ligamento é o mesmo "ligamento sacrouterino" referido por diversos autores.

Nota clínica

Tumores uterinos Os **tumores de útero** acometem aproximadamente 6 a cada 100.000 mulheres. Em 2006, nos Estados Unidos, cerca de 40.770 novos casos foram notificados e 8.200 mulheres morreram da doença. Há dois tipos de neoplasias uterinas: (1) endometrial e (2) cervical.

O **tumor endometrial**, uma forma invasiva de tumor do endométrio, afeta comumente mulheres entre os 50 e 70 anos de idade. Terapias de reposição de estrógenos, usadas para o tratamento da osteoporose na pós-menopausa, aumentam o risco de tumores endometriais de duas a dez vezes. A adição de progesterona à terapia de reposição estrogênica parece diminuir esses riscos. Não há testes precisos de detecção dos tumores de endométrio. O sintoma mais relatado é o sangramento irregular, e o diagnóstico, normalmente, envolve a análise de biópsias do endométrio. O tratamento nos estágios iniciais requer a histerectomia, seguida pela radioterapia localizada. Nos estágios avançados, sessões mais intensas de radioterapia estão indicadas. A quimioterapia não tem mostrado ser uma opção terapêutica de sucesso nos tumores de endométrio, e apenas 30 a 40% das pacientes aparentam beneficiar-se desse tipo de tratamento.

O **tumor cervical** é a forma mais comum de neoplasia do sistema genital feminino entre 15 e 34 anos de idade. O fator de risco primário para essa neoplasia parece ser a história de múltiplos parceiros sexuais. O tumor desenvolve-se após uma infecção viral do trato genital por uma das diferentes formas do papilomavírus humano (PVH/HPV), transmitido a partir de relações sexuais. Muitas pacientes não expressam sintomas até estágios avançados da doença. Nessa fase, sangramentos vaginais, em especial após o coito, dores pélvicas e corrimentos vaginais podem ocorrer. O tratamento, em estágios mais avançados, combina radioterapia, **histerectomia** (remoção parcial ou total do útero), esvaziamento linfático e quimioterapia.

A detecção precoce é a chave para a redução da taxa de mortalidade nos tumores do colo do útero. O teste-padrão de varredura é chamado de *Papanicolau*, dado em homenagem ao Dr. George Papanicolaou, um anatomista e citologista. Em função da descamação fisiológica das células do epitélio cervical, uma amostra de células tiradas por raspagem ou sob a forma de escovação pode ser examinada para detecção de células anormais ou neoplásicas. A Sociedade Americana de Cancerologia recomenda o exame de Papanicolau anualmente nas idades de 20 e 21 anos, seguido por coletas em intervalos de um a três anos até os 65 anos de idade. O tratamento de tumores localizados e não-invasivos consiste na remoção da porção do colo afetada pela doença*.

* N. de R.T. O exame de Papanicolau é chamado em língua inglesa de "*Pap smear*", "*Pap test*", "*cervical smear*" ou "*smear test*". Como dito no texto, o nome é uma homenagem ao pai da Citopatologia, o greco-americano Georgios Papanicolaou (1883-1962). Há, no entanto, uma discussão de que talvez o primeiro cientista a criar o método tenha sido o Professor Aurel Babes, da Romênia, em 1927 e publicado no *Proceedings of the Bucharest Gynecological Society*. No Brasil, o exame é chamado também de "*citologia cervical*" e é oferecido gratuitamente pelo Sistema Único de Saúde (SUS) e por todas as Faculdades de Medicina do país. Muitas mulheres, por medo, desinformação e vergonha, deixam de se submeter ao exame, que deve ser feito de rotina na tentativa de se antecipar aos quadros de displasia e neoplasia cervicais.

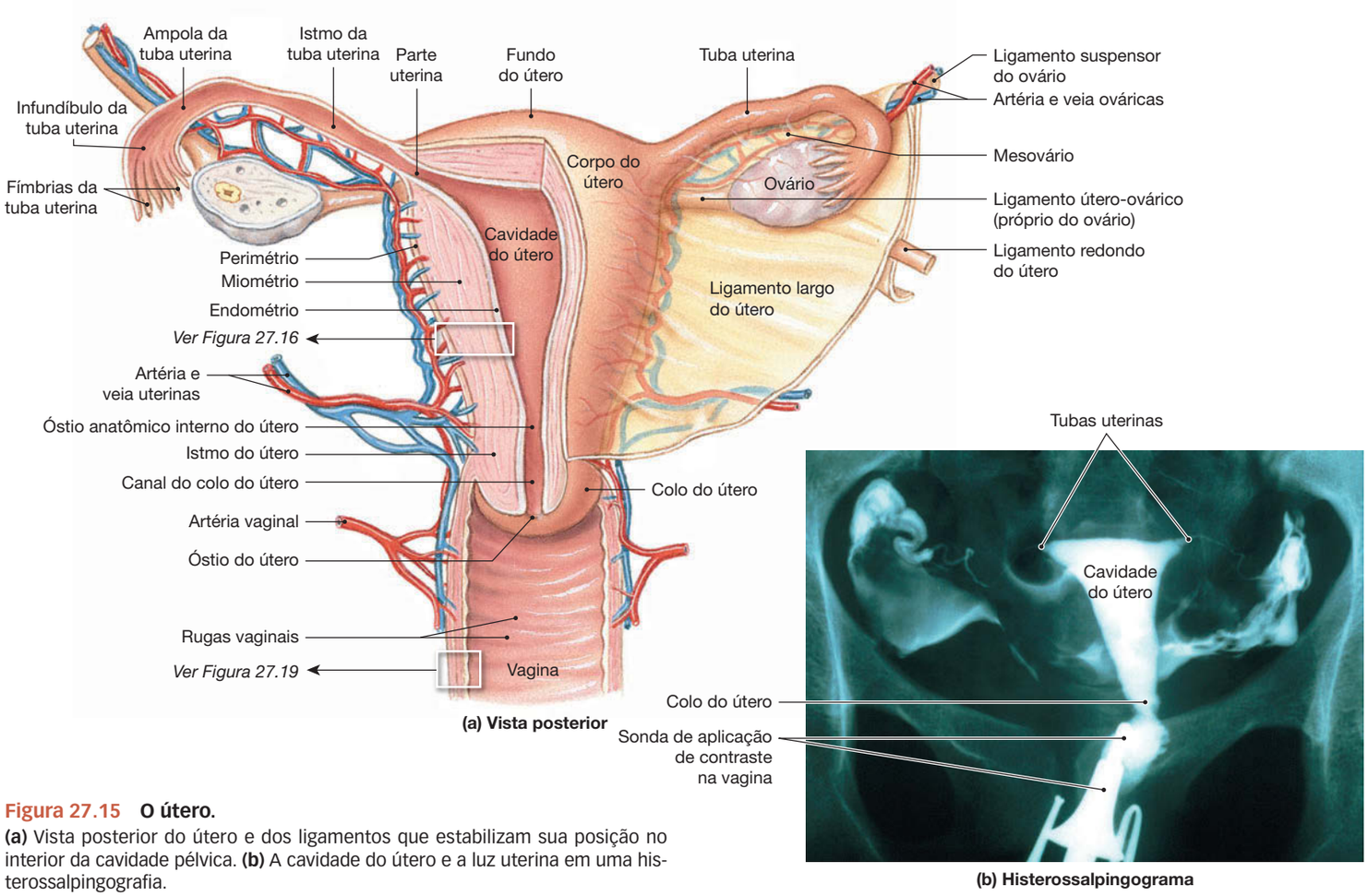


Figura 27.15 O útero.
(a) Vista posterior do útero e dos ligamentos que estabilizam sua posição no interior da cavidade pélvica. **(b)** A cavidade do útero e a luz uterina em uma histerossalpingografia.

O útero é suprido pelos ramos das artérias e veias uterinas e ováricas. Numerosos vasos linfáticos suprem cada parte do útero. O útero é inervado por fibras autônomas do plexo hipogástrico (sistema nervoso simpático) e segmentos sacrais S3 e S4 (sistema nervoso parassimpático). Nervos aferentes (sensitivos) do útero atingem a medula espinal pelas raízes posteriores dos nervos espinais T11 e T12.

A parede uterina [Figuras 27.15a/27.16]

As dimensões do útero são muito variáveis. Na mulher adulta, em idade reprodutiva e sem filhos, a parede uterina apresenta aproximadamente 1,5 cm de espessura. A parede uterina apresenta um **miométrio** (*mio*, músculo + *metra*, útero), muscular e externo, e um **endométrio,** glandular e interno, ou *túnica mucosa*. O fundo e as superfícies anterior e posterior do corpo do útero são recobertos por uma túnica serosa contínua ao revestimento peritoneal. Essa camada incompleta de peritônio é denominada **perimétrio** (Figuras 27.15a e 27.16).

O endométrio contribui com aproximadamente 10% para a massa total do útero. Um grande número de glândulas uterinas se abre na superfície endometrial. Essas glândulas se estendem profundamente até a lâmina própria, quase até o miométrio. Sob influência do estrógeno, as glândulas uterinas, os vasos sangüíneos e o endotélio se modificam nas várias fases do *ciclo uterino*. Os tecidos vasculares e glandulares do endométrio suprem as demandas fisiológicas do feto em desenvolvimento.

O miométrio é a porção mais espessa da parede uterina e constitui praticamente 90% da massa do útero. A musculatura lisa do miométrio está disposta em camadas longitudinais, circulares e oblíquas. O músculo liso do miométrio fornece a maior parte da força necessária para empurrar o feto da cavidade do útero para a vagina.

Suprimento sangüíneo ao útero [Figura 27.15a]

O útero recebe sangue de ramos das **artérias uterinas** (Figura 27.15a), que se originam nas artérias ilíacas internas, e ramos das **artérias ováricas**, que se originam na parte abdominal da aorta, inferiormente à origem das artérias renais. pág. 588 Existe uma intensa interconexão entre as artérias que suprem o útero. Essa organização complexa garante um fluxo de sangue constante ao órgão, a despeito das mudanças na sua posição e formato que acompanham a gravidez.

Histologia do útero [Figura 27.16]

O endométrio pode ser subdivido em uma **camada funcional** interna, mais próxima à cavidade do útero, e uma **camada basal** (basilar) externa adjacente ao miométrio. A camada funcional contém a maioria das glândulas uterinas e é a que mais contribui para a espessura do endométrio. A camada basal fixa o endométrio ao miométrio e contém os ramos terminais das glândulas tubulares (Figura 27.16a).

No interior do miométrio, ramos das artérias uterinas formam **artérias arqueadas** que cercam o endométrio. **Artérias radiais** ramificam-se das artérias arqueadas e suprem tanto os **ramos retos**, que levam sangue à camada basal do endométrio, quanto os **ramos helicinos (espirais)**, que suprem a camada funcional (Figura 27.16b).

A estrutura da camada basal permanece relativamente constante ao longo do tempo, mas a estrutura da camada funcional sofre alterações

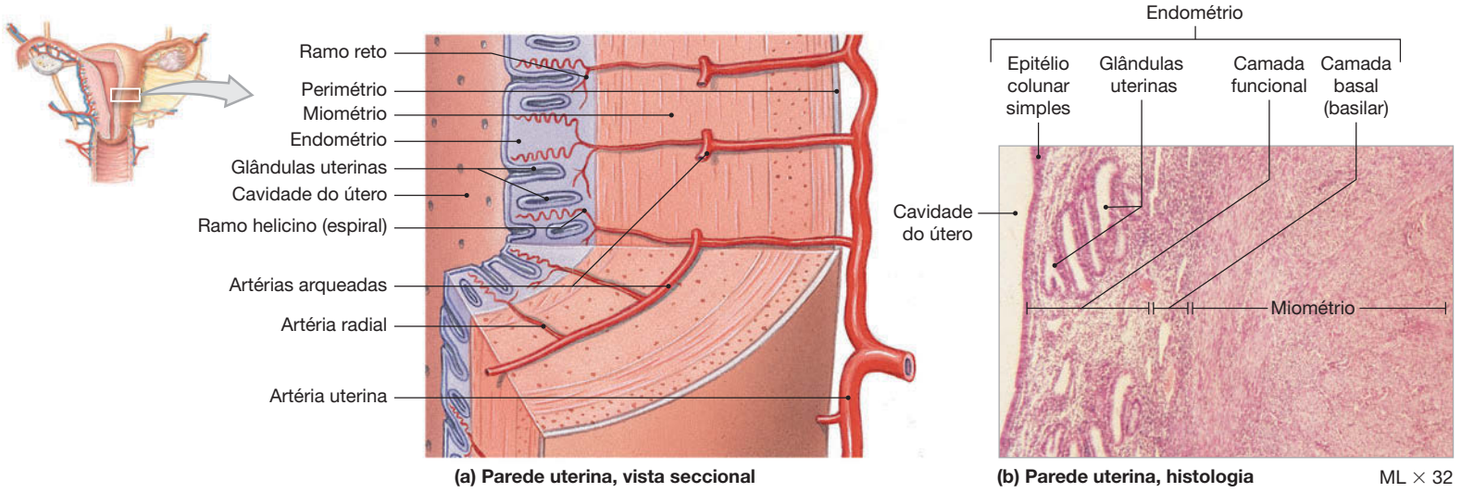


Figura 27.16 A parede uterina.
(a) Vista seccional diagramática da parede uterina, mostrando as regiões do endométrio e o suprimento arterial ao endométrio. **(b)** Histologia básica da parede uterina.

cíclicas em resposta aos níveis de hormônios sexuais. Essas alterações produzem os achados histológicos típicos do *ciclo uterino*.

O ciclo uterino [Figuras 27.17/27.18]

O **ciclo uterino**, ou *ciclo menstrual*, dura em média 28 dias, podendo variar de 21 a 35 dias em mulheres normais. As três fases do ciclo uterino são (1) *menstruação*, (2) *fase proliferativa* e (3) *fase secretora*. O aspecto histológico de cada fase é apresentado na Figura 27.17. As fases ocorrem em resposta a hormônios associados com a regulação do ciclo ovário (Figura 27.18).

Menstruação [Figuras 27.17a/27.18] O ciclo uterino começa com o início da **menstruação**, um período marcado pela total destruição da camada funcional do endométrio. As artérias passam a contrair-se, reduzindo o fluxo sangüíneo para a região, e as glândulas secretoras e os tecidos da camada funcional começam a morrer. Por fim, as paredes arteriais fragilizadas se rompem e ocorre o extravasamento de sangue nos tecidos conectivos da camada funcional. As células sangüíneas e os tecidos em degeneração se desprendem do endométrio para a cavidade do útero, passando pelo óstio do útero e atingindo a vagina. Essa descamação de tecido, que continua até que toda a camada funcional seja perdida (Figura 27.17a), é denominada **menstruação**. A menstruação geralmente dura entre um e sete dias e, durante esse período, há uma perda aproximada de 35 a 50 mL de sangue. A menstruação dolorosa, ou **dismenorréia**, pode ser conseqüência de inflamações e contrações uterinas ou de patologias ou alterações envolvendo estruturas pélvicas adjacentes.

A menstruação ocorre no final do ciclo ovárico, quando as concentrações de estrógeno e progestina diminuem, e continua até que o próximo grupo de folículos tenha se desenvolvido a ponto de elevar, uma vez mais, os níveis de estrógeno (Figura 27.18).

A fase proliferativa [Figuras 27.17b/27.18] A camada basal (basilar), que inclui as porções basilares das glândulas uterinas, sobrevive à menstruação porque seu suprimento circulatório se mantém constante. Nos dias que se seguem à menstruação e sob influência dos estrógenos circulantes, as células epiteliais das glândulas se multiplicam e se dispersam na superfície endometrial, restaurando a integridade do epitélio uterino (Figura 27.17b). A vascularização e o crescimento adicional restauram completamente a camada funcional. Durante esse processo de reorganização, diz-se que o endométrio está em **fase proliferativa**. Essa restauração acontece enquanto os folículos primários e secundários estão se desenvolvendo no ovário. A fase proliferativa é estimulada e mantida pelo estrógeno, secretado pelos folículos em desenvolvimento (Figura 27.18).

Ao ocorrer a ovulação, a camada funcional apresenta espessura de vários milímetros, e glândulas mucosas proeminentes se estendem até o limite da camada basal (basilar). Nesse momento, as glândulas endometriais estão produzindo um muco rico em glicogênio. Toda a camada funcional é altamente vascularizada, com pequenas artérias espiralando-se em direção à superfície interna, originando-se de vasos maiores no miométrio.

A fase secretora [Figuras 27.17c/27.18] Durante a fase secretora do ciclo uterino, as glândulas endometriais crescem, acelerando sua velocidade de secreção, e as artérias alongam-se e se espiralam nos tecidos da camada funcional (Figura 27.17c). Essa atividade é induzida pela combinação dos efeitos dos estrógenos e das progestinas liberados pelo corpo lúteo (Figura 27.18). Essa fase começa na ovulação e persiste enquanto o corpo lúteo permanece intacto.

O pico das atividades secretoras ocorre aproximadamente 12 dias após a ovulação. Nos próximos um ou dois dias, a atividade glandular declina e o ciclo uterino termina quando o corpo lúteo cessa sua produção hormonal. Um novo ciclo então começa com o início da menstruação e a desintegração da camada funcional. A fase secretora geralmente dura 14 dias. Como resultado, a data da ovulação pode ser determinada contando-se 14 dias para trás, a partir do primeiro dia da menstruação.

Menarca e menopausa Os eventos do ciclo uterino começam com a **menarca**, ou primeiro ciclo uterino na puberdade, geralmente aos 11 ou 12 anos de idade. Os ciclos continuam até 45 a 55 anos de idade, quando ocorre a **menopausa**, o último ciclo uterino. Durante essas décadas o aparecimento regular de ciclos uterinos é interrompido somente em circunstâncias incomuns como doenças, estresse, inanição ou gravidez. Tipicamente, ciclos irregulares são característicos dos primeiros dois anos após a menarca e dos últimos dois anos anteriores à menopausa.

A vagina [Figuras 27.10/27.11a]

A *vagina* é um tubo muscular elástico que se estende do colo do útero até o *vestíbulo da vagina*, um espaço limitado pelos órgãos genitais externos (Figuras 27.10, pág. 728, e 27.11a, pág. 729). A vagina tem um compri-

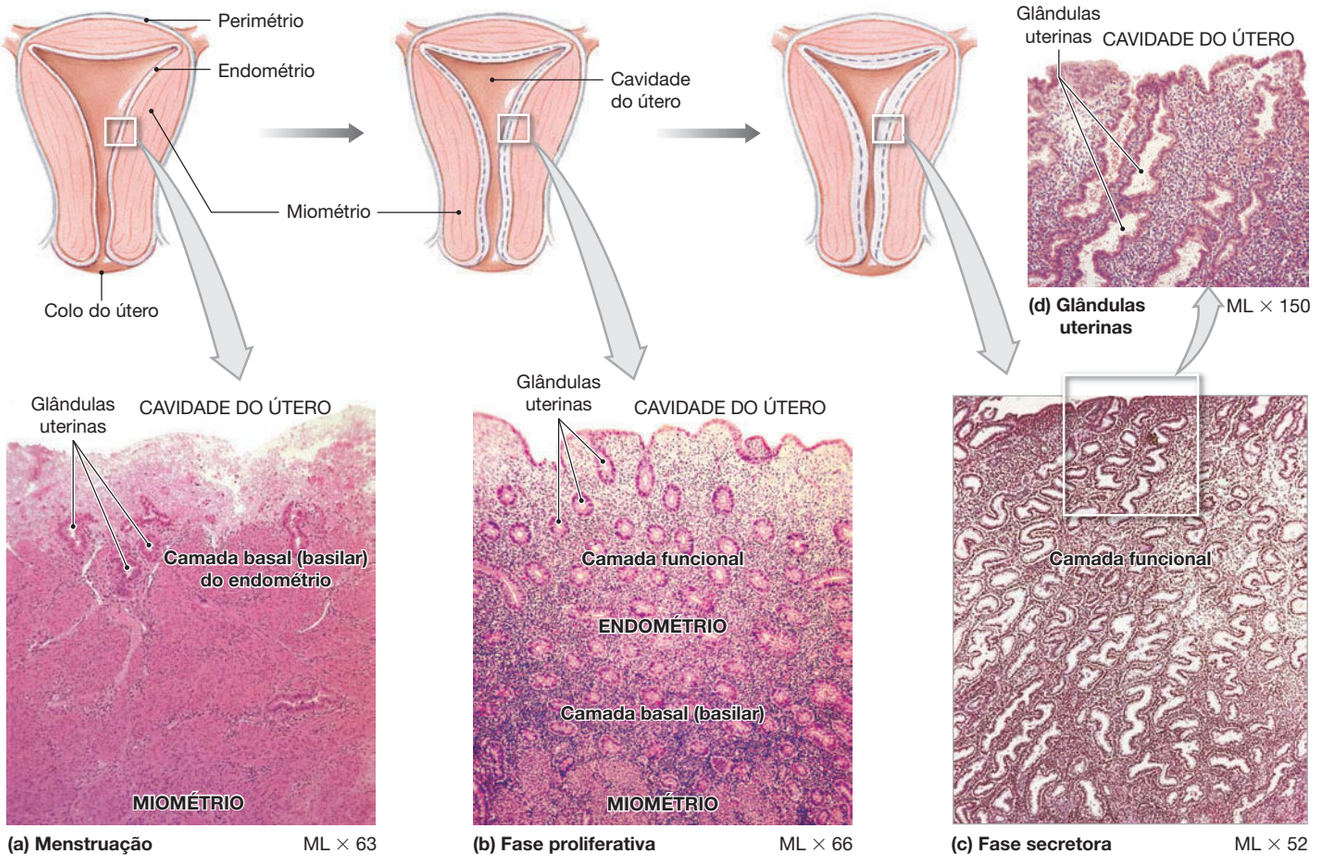


Figura 27.17 Alterações histológicas no ciclo uterino.
(a) Menstruação. **(b)** Fase proliferativa. **(c)** Fase secretora. A camada funcional está agora tão espessa que, em uma ampliação similar à da parte (a) ou da parte (b), a espessura total do endométrio não pode ser capturada em uma só imagem. **(d)** Detalhe das glândulas uterinas.

mento médio de 7,5 a 9 cm. Entretanto, como é muito distensível, seu comprimento e largura são bastante variáveis.

O colo do útero penetra na extremidade proximal da vagina. O recesso raso ao redor do colo do útero na cavidade da vagina é conhecido como **fórnice da vagina**. A vagina situa-se paralela e anteriormente ao reto e em íntimo contato com sua parede anterior. Anteriormente, a uretra faz trajeto ao longo e junto à parede anterior da vagina conforme segue desde a bexiga urinária até sua abertura no vestíbulo da vagina. O principal suprimento sangüíneo da vagina é feito pelos **ramos vaginais** das artérias e veias ilíacas internas (ou das artérias uterinas). A inervação é dada pelo plexo hipogástrico, nervos sacrais S2-S4 e ramos do nervo pudendo.

A vagina tem três funções principais:

- Serve como passagem para eliminação dos líquidos menstruais.
- Recebe o pênis durante o ato sexual e mantém os espermatozóides antes de sua passagem ao útero.
- Constitui a parte inferior do "canal de parto", via de passagem do feto durante o nascimento.

Histologia da vagina [27.15a/27.19/27.20b]

Em secções histológicas, a cavidade da vagina aparece colabada, com formato semelhante ao da letra H. As paredes vaginais contêm uma rede de vasos sangüíneos e camadas de músculo liso (**Figuras 27.15a** e **27.19**), e o revestimento é umedecido por secreções das glândulas localizadas no colo do útero e pelo movimento de água através do epitélio permeável. A vagina e seu vestíbulo são separados por uma prega epitelial elástica, o **hímen**, que pode bloquear parcial ou completamente o óstio da vagina. Os dois músculos bulboesponjos passam bilateralmente ao óstio da vagina. As contrações desses músculos produzem a constrição do óstio da vagina. Esses músculos recobrem os *bulbos do vestíbulo*, massas de tecido erétil que passam bilateralmente ao óstio da vagina (**Figura 27.20b**). Durante o desenvolvimento, os bulbos do vestíbulo são derivados dos mesmos tecidos embrionários que o corpo esponjoso no homem (veja o Resumo de Embriologia no Capítulo 28). Os bulbos do vestíbulo e o corpo esponjoso são denominados *homólogos* (*homo*, mesmo + *logos*, relação) porque apresentam estrutura e origem semelhantes; contudo, estruturas homólogas podem apresentar funções bastante diferentes.

A cavidade da vagina é revestida por epitélio escamoso estratificado (**Figura 27.19**) que, em relaxamento, apresenta-se disposto em pregas, denominadas *rugas vaginais* (**Figura 27.15a**). A lâmina própria subjacente é espessa e elástica, contendo pequenos vasos sangüíneos, nervos e linfonodos. A túnica mucosa da vagina é circundada por uma *túnica muscular*, elástica, com camadas de fibras musculares lisas dispostas em feixes circulares e longitudinais contínuos com os do miométrio. A parte da vagina adjacente ao útero apresenta uma túnica serosa de revestimento contínua com o peritônio pélvico; sobre o restante da vagina a túnica muscular é revestida por uma *túnica adventícia* de tecido conectivo fibroso.

A vagina contém uma população normal de bactérias residentes, mantidas por nutrientes encontrados no muco do colo do útero. A atividade metabólica dessas bactérias cria um meio ambiente ácido, que restringe o crescimento de muitos organismos patogênicos. O ambiente ácido também inibe a motilidade dos espermatozóides e é por essa razão que as substâncias-tampão contidas no líquido seminal são importantes para o sucesso da fertilização.

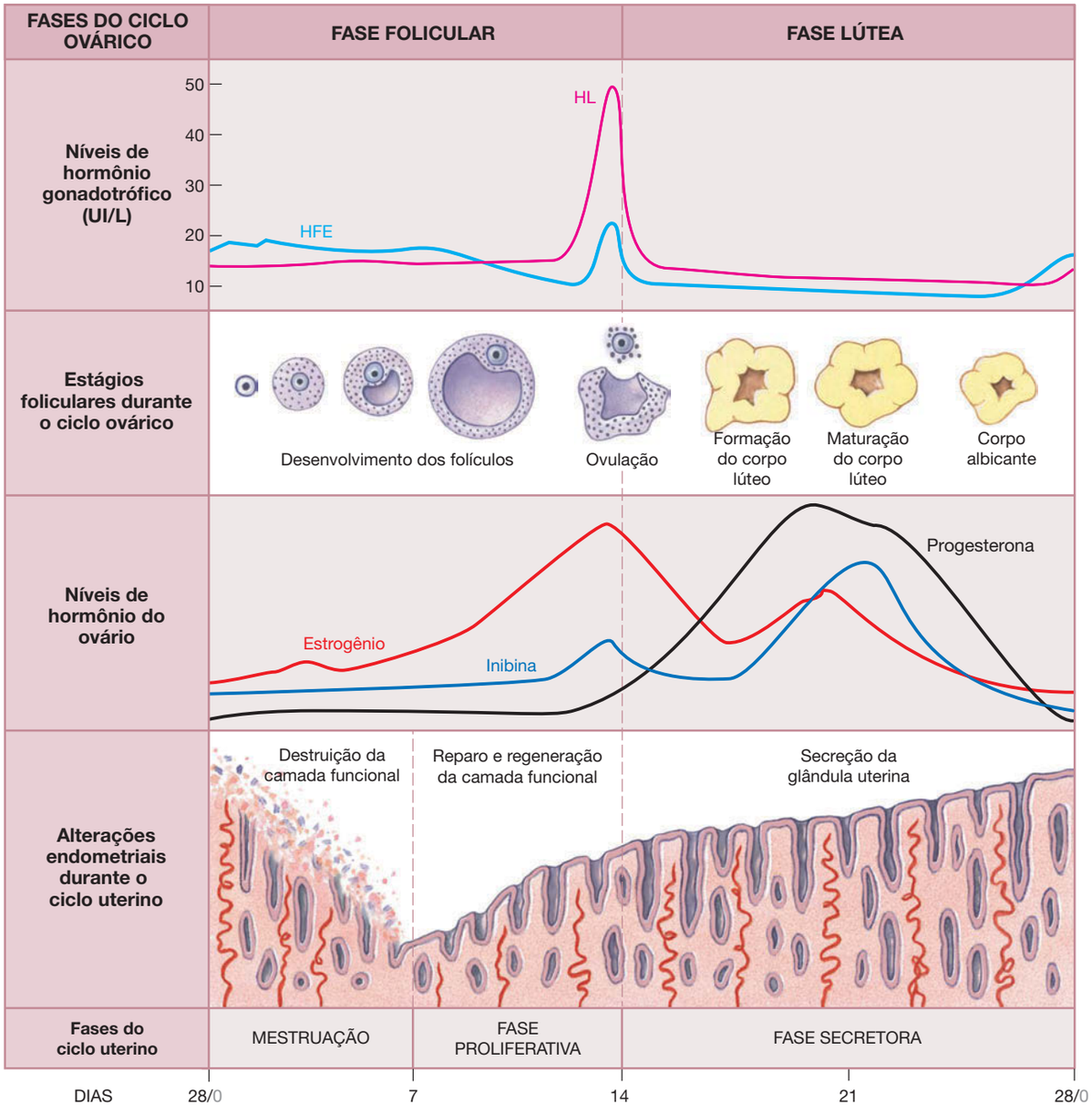


Figura 27.18 **A regulação hormonal da função reprodutora feminina.**

Os órgãos genitais femininos externos [Figuras 27.10a/27.20a]

A região que engloba os órgãos genitais femininos externos é denominada **pudendo feminino (vulva)** (Figura 27.20a). A vagina se abre no **vestíbulo da vagina**, um espaço central limitado pelos **lábios menores do pudendo**. Os lábios menores são revestidos por uma pele lisa, desprovida de pêlos. A uretra se abre no vestíbulo, anteriormente ao óstio da vagina. As **glândulas uretrais**, ou *glândulas de Skene*, abrem-se no interior da uretra, nas proximidades do óstio externo da uretra. O **clitóris** projeta-se para o interior do vestíbulo, anteriormente ao óstio externo da uretra. Internamente, o clitóris contém tecido erétil, homólogo aos corpos cavernosos no homem (veja o Resumo de Embriologia no Capítulo 28). O clitóris torna-se ingurgitado de sangue durante a excitação sexual. Uma pequena *glande* erétil situa-se na extremidade do órgão, e prolongamentos dos lábios menores do pudendo circundam o corpo do clitóris, constituindo o **prepúcio do clitóris**.

Um número variável de **glândulas vestibulares menores** libera suas secreções na superfície exposta do vestíbulo da vagina, conservando-o úmido. Durante a excitação sexual, um par de ductos conduz as secreções das **glândulas vestibulares maiores** (*glândulas de Bartholin*) ao vestíbulo, nas proximidades das margens póstero-laterais do óstio da vagina (Figura 27.10a, pág. 728). Essas glândulas mucosas assemelham-se às glândulas bulbouretrais do homem.

Os limites externos do pudendo feminino são estabelecidos pelo *monte do púbis* e pelos *lábios maiores do pudendo*. O volume proeminente do **monte do púbis** é constituído por tecido adiposo subjacente à pele anterior à sínfise púbica. O tecido adiposo também se acumula nos **lábios maiores do pudendo**, que são homólogos ao escroto masculino. Os lábios maiores circundam e ocultam parcialmente os lábios menores e as estruturas do vestíbulo. As regiões externas dos lábios maiores são recobertas pelo mesmo tipo de pêlo espesso que recobre o monte do púbis, porém as superfícies mais internas apresentam relativamente menos pêlos. Glândulas sebáceas e glândulas sudoríferas apócrinas espar-

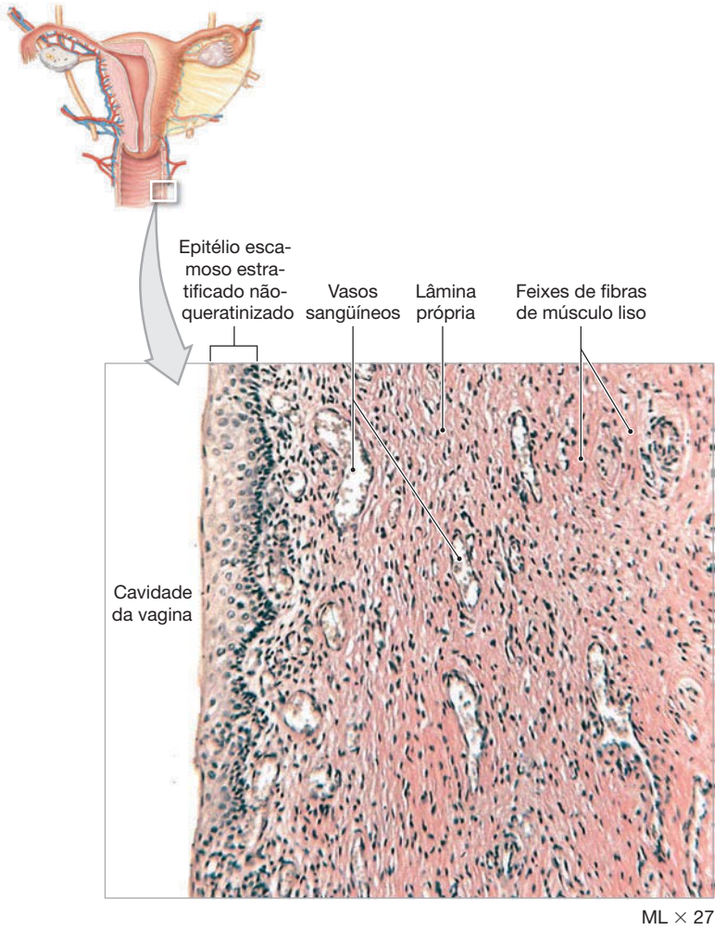


Figura 27.19 **Histologia da parede vaginal.**

sas secretam sobre a superfície interna dos lábios maiores do pudendo, umedecendo-os e oferecendo lubrificação.

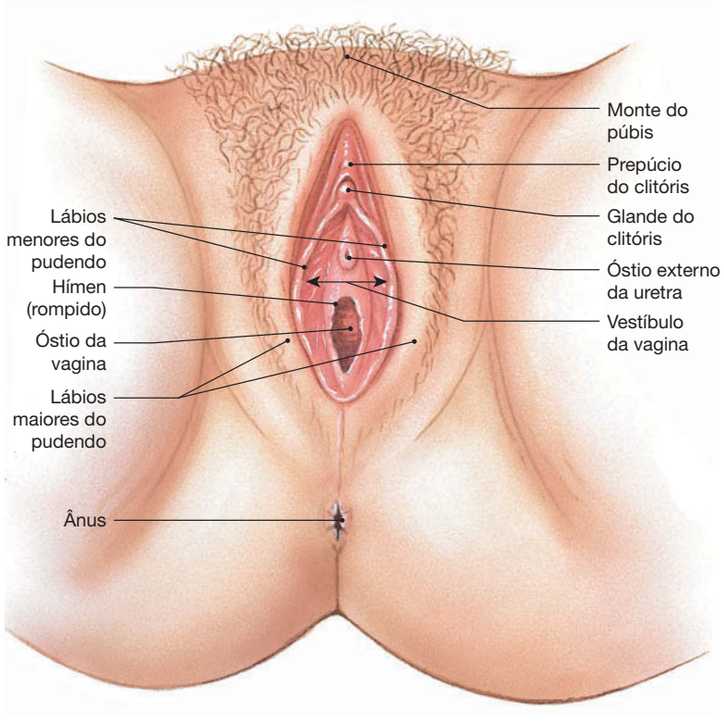
Resumo de embriologia

Para um resumo do desenvolvimento do sistema genital feminino, consulte o Capítulo 28 (Embriologia e Desenvolvimento Humano).

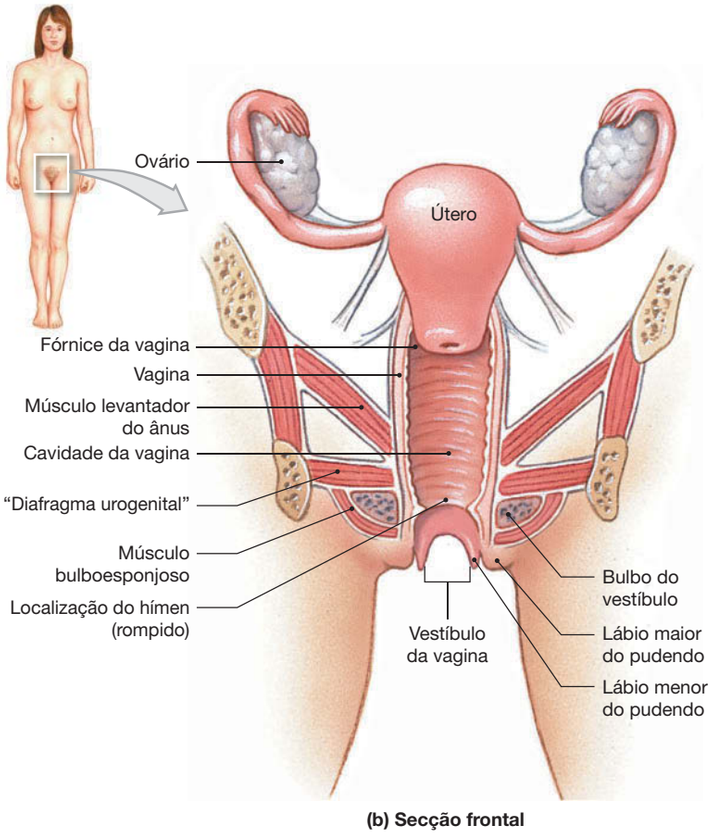
As glândulas mamárias [Figura 27.21]

Ao nascimento, o recém-nascido não pode manter-se por si, e vários sistemas fundamentais ainda precisam completar seu desenvolvimento. Durante o período inicial de ajustes para uma existência independente, a criança recebe nutrição a partir do leite secretado pelas **glândulas mamárias** maternas. A produção do leite, ou **lactação**, ocorre nas glândulas mamárias (nas mamas), órgãos acessórios especializados do sistema genital feminino.

As glândulas mamárias situam-se bilateralmente no tórax, no panículo adiposo da tela subcutânea subjacente à **pele** (Figura 27.21a,b). Cada mama apresenta uma pequena projeção cônica, a **papila mamária**, onde os ductos lactíferos das glândulas mamárias subjacentes se abrem na superfície. A região de pele de coloração castanha avermelhada localizada ao redor da papila mamária é denominada **aréola da mama**. A presença de grandes glândulas sebáceas confere à superfície areolar uma textura granulosa.



(a) Vista inferior



(b) Secção frontal

Figura 27.20 **Órgãos genitais femininos externos.**
(a) Vista inferior do períneo feminino. **(b)** Secção frontal diagramática, mostrando as posições relativas das estruturas internas e externas relacionadas à função reprodutora.

O tecido glandular da mama consiste em numerosos lobos da glândula mamária separados, cada um contendo vários lóbulos secretores (Figura 27.21a). Os ductos que deixam os lóbulos convergem formando um único **ducto lactífero** em cada lobo (Figura 27.21a,c,d). Nas proximidades da papila mamária, os ductos lactíferos se expandem, formando uma câmara denominada **seio lactífero**. Geralmente, entre 15 e 20 seios lactíferos desembocam na superfície de cada papila mamária. Um tecido conectivo denso circunda o sistema de ductos e forma divisões que se estendem entre os lobos e lóbulos. Essas faixas de tecido conectivo, conhecidas como **ligamentos suspensores da mama**, originam-se na derme que reveste a mama. Uma camada de tecido conectivo frouxo separa o complexo mamário dos músculos peitorais subjacentes. Ramos da *artéria torácica interna* fazem o suprimento sangüíneo de cada glândula mamária. pág. 583 A drenagem linfática das glândulas mamárias foi detalhada no Capítulo 23. pág. 620

Desenvolvimento das glândulas mamárias durante a gravidez [Figura 27.21c,d]

A Figura 27.21c,d compara a organização histológica das glândulas mamárias ativa e inativa. A glândula mamária em repouso é dominada por um sistema de ductos, mais do que por células glandulares ativas. O tamanho da mama em uma mulher não-gestante reflete essencialmente a quantidade de tecido adiposo na mama, muito mais do que a quantidade de tecido glandular. O tecido secretor não se desenvolve até que ocorra a gravidez.

O desenvolvimento da glândula mamária requer a combinação de hormônios que incluem a *prolactina (PRL)* e o *hormônio do crescimento (HC/GH)*, secretados pelo lobo anterior da hipófise. pág. 513 Sob a estimulação desses hormônios, auxiliados pelo **lactogênio placentário humano** (**LPH**), secretado pela placenta, os ductos das glândulas mamárias tornam-se mitoticamente ativos e células glandulares começam a ser produzidas. Ao final do sexto mês de gestação, as glândulas mamárias estão totalmente desenvolvidas e começam a produzir secreções que são armazenadas no sistema de ductos. O leite é liberado quando o bebê começa a sugar a papila mamária e a aréola da mama. Esta estimulação causa a liberação de oxitocina pelo lobo posterior da hipófise. A oxitocina deflagra a contração dos músculos lisos na parede dos ductos e seios lactíferos, ejetando o leite.

Nota clínica

Câncer de mama O câncer de mama é a principal causa de morte em mulheres entre 40 e 59 anos de idade. Em geral, a incidência de câncer de mama é mais comum após os 50 anos. Nos Estados Unidos, aproximadamente 212.000 novos casos são registrados a cada ano e estima-se que uma entre oito mulheres desenvolva câncer de mama naquele país. A incidência é maior entre brancas do que em afro-americanas, e a menor incidência é observada em asiáticas e nativas americanas. Fatores de risco importantes incluem (1) história familiar de câncer de mama, (2) gravidez após os 30 anos de idade, (3) menarca precoce e (4) menopausa tardia. Apesar de estudos repetidos, não há correlações comprovadas entre o câncer de mama e o uso de contraceptivos orais, terapia de estrógenos, amamentação, consumo de gordura ou uso de álcool. Fatores múltiplos estão envolvidos; a maioria das mulheres não desenvolve câncer de mama, mas mulheres com histórico familiar têm mais probabilidade de apresentar a doença.

A detecção precoce do câncer de mama é fundamental para a redução da mortalidade. A maioria dos cânceres de mama é detectada pelo auto-exame, porém técnicas de exame clínico têm sido aprimoradas nos últimos anos. A **mamografia** utiliza raios X para examinar os tecidos mamários; a dosagem da radiação pode ser restrita porque apenas tecidos moles precisam ser transpassados. Esse exame oferece a imagem mais clara da condição do interior dos tecidos mamários (Figura 27.21b). A ultra-sonografia também pode oferecer alguma informação, mas as imagens não apresentam tantos detalhes quanto as mamografias.

Para o sucesso do tratamento, o câncer deve ser identificado enquanto ainda é pequeno e localizado. Uma vez atingido 2 cm ou mais, as chances e o tempo de sobrevida diminuem. O prognóstico também é ruim para os casos em que há disseminação de células cancerosas, pelo sistema linfático, para os linfonodos axilares. Se os linfonodos ainda não estão envolvidos, as chances de uma sobrevida de 5 anos são de aproximadamente 82%; porém, se quatro linfonodos ou mais estiverem envolvidos, as chances de sobrevida caem para 21%.

O tratamento do câncer de mama inicia-se com a remoção cirúrgica dos tumores e a biópsia dos linfonodos. Como as células cancerígenas geralmente se disseminam antes da detecção da doença, o tratamento cirúrgico exige a remoção de parte ou de todos os linfonodos acometidos. A combinação de quimioterapia, radioterapia e tratamentos hormonais pode ser utilizada para complementar o tratamento cirúrgico.

REVISÃO DOS CONCEITOS

1. Durante a fase proliferativa do ciclo uterino, que atividades ocorrem no ciclo ovárico?
2. Que evento marca o início da fase secretora?
3. O bloqueio de um único seio lactífero poderia interferir na liberação do leite para as papilas mamárias? Explique.
4. Quais são os hormônios estimulantes da lactação?

Veja a seção de Respostas na parte final do livro.

Gravidez e o sistema genital feminino

Se a fertilização ocorre, o zigoto (óvulo fertilizado) passa por uma série de divisões celulares, formando uma esfera oca de células, conhecida como **blastocisto**. Inicialmente, ao atingir a cavidade do útero, o blastocisto obtém nutrientes absorvendo as secreções das glândulas uterinas; dentro de poucos dias, o blastocisto faz contato com o endométrio, desgasta parcialmente o epitélio e se fixa nessa cavidade recém-formada no endométrio. Esse processo, conhecido como **implantação**, dá início à cadeia de eventos que levam à formação de um órgão especial, a **placenta**, que sustentará o desenvolvimento embrionário e fetal nos próximos nove meses. A placenta fornece um meio para a transferência de gases dissolvidos, nutrientes e resíduos entre as correntes sangüíneas do feto e da mãe, além de atuar como um órgão endócrino, produzindo hormônios. A **gonadotrofina coriônica humana (GCH/HCG)** surge na corrente sangüínea materna logo após a implantação. A presença de GCH em amostras de sangue ou urina é uma indicação confiável de gravidez. Em sua função, a GCH se assemelha ao HL, uma vez que o corpo lúteo não sofre degeneração enquanto estiver na presença de GCH. A degeneração do corpo lúteo causaria a interrupção da gravidez pela desintegração da camada funcional do endométrio.

Na presença de GCH, o corpo lúteo persiste por aproximadamente três meses antes de se degenerar. Seu desaparecimento não desencadeia o retorno do período menstrual, pois neste momento a placenta

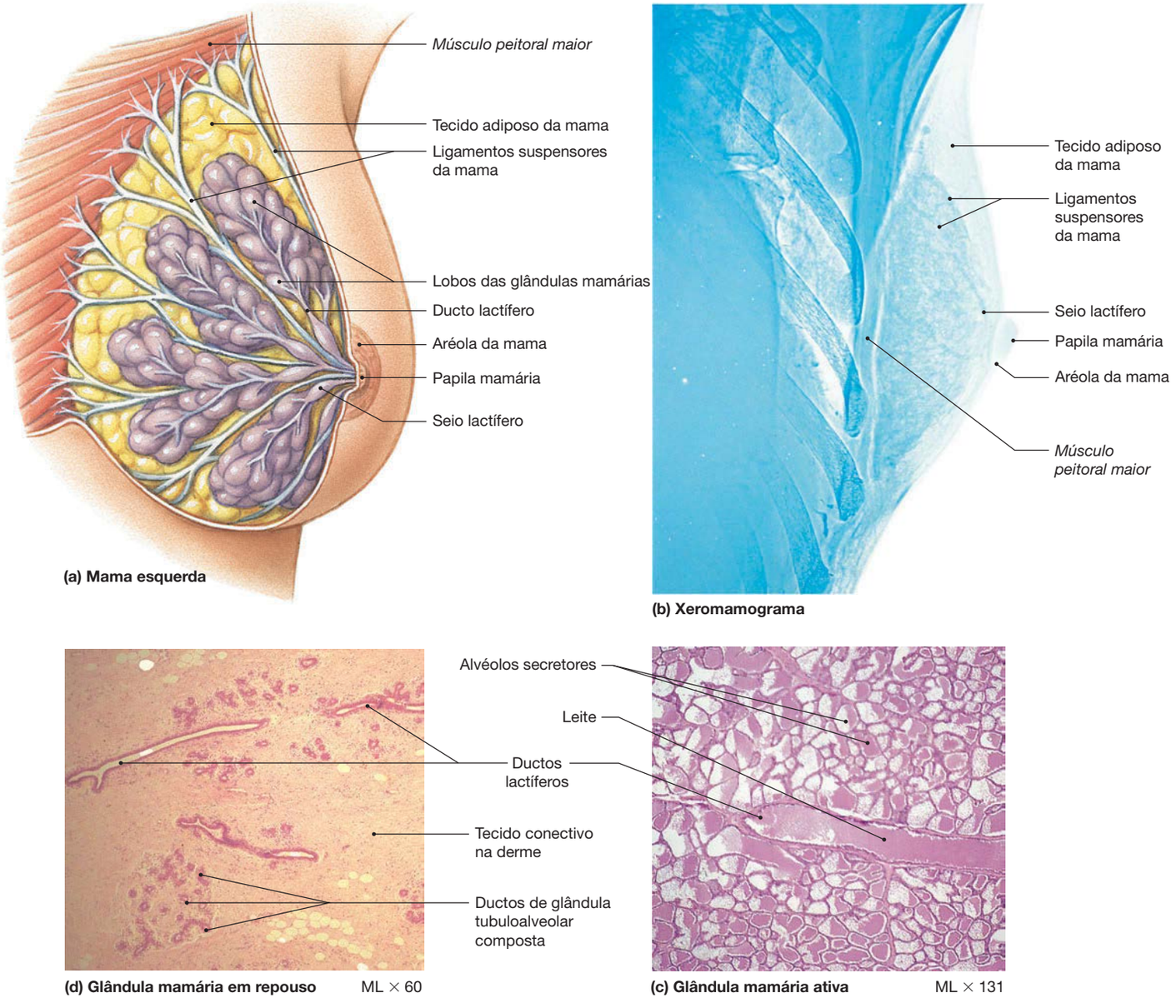


Figura 27.21 As glândulas mamárias.
(a) Anatomia macroscópica da mama. **(b)** Xeromamografia, uma técnica radiográfica desenvolvida para mostrar detalhes do tecido mamário, projeção médio-lateral. **(c,d)** Comparação histológica de glândulas mamárias em repouso e ativas.

está ativa, secretando estrógeno e progesterona. Ao longo dos próximos meses, a placenta também sintetiza dois hormônios adicionais: a **relaxina**, que aumenta a flexibilidade da pelve e provoca a dilatação do colo do útero durante o trabalho de parto; e o **lactogênio placentário humano**, que auxilia na preparação das glândulas mamárias para a produção do leite.

Envelhecimento e sistema genital

O processo do envelhecimento afeta os sistemas genitais de homens e mulheres. As mudanças mais marcantes relacionadas à idade no sistema genital feminino ocorrem na menopausa, ao passo que as modificações no sistema genital masculino ocorrem de maneira mais gradual e por um período de tempo mais longo.

Menopausa

A menopausa é freqüentemente definida como o período em que a ovulação e a menstruação cessam. A menopausa costuma ocorrer entre os 45 e 55 anos de idade, porém nos anos precedentes a esse período a regularidade dos ciclos ováricos e menstruais gradualmente se altera. A **menopausa prematura** ocorre antes dos 40 anos. A falta de folículos primordiais é a causa subjacente da menopausa prematura. A menopausa é acompanhada por um aumento drástico e constante da produção de HLG/GnRH, HFE/FSH e HL/LH, enquanto as concentrações circulantes de estrógeno e pro-

gesterona declinam. Este declínio dos níveis de estrógeno leva (1) à redução de tamanho do útero, (2) à redução do tamanho das mamas, (3) à diminuição da espessura das paredes da uretra e da vagina e (4) à fragilidade dos tecidos conectivos que sustentam os ovários, o útero e a vagina. As concentrações reduzidas de estrógeno também têm sido relacionadas ao desenvolvimento de osteoporose e a uma variedade de efeitos cardiovasculares e neurológicos, incluindo "ondas de calor", ansiedade e depressão.

O climatério masculino

Modificações no sistema genital masculino ocorrem mais gradualmente, ao longo de um período conhecido como **climatério masculino**. Os níveis de testosterona circulante começam a baixar entre os 50 e 60 anos, combinados com aumentos nos níveis circulantes de HFE/FSH e HL/LH. Embora a produção de espermatozóides continue (homens podem ter filhos normalmente até mesmo em torno dos 80 anos), há uma redução gradual da atividade sexual nos homens mais velhos, o que pode estar relacionado ao declínio dos níveis de testosterona. Atualmente, alguns clínicos têm sugerido o uso da terapia de reposição da testosterona para aumentar a libido ("desejo sexual") em homens e mulheres de idade mais avançada.

Caso clínico — OS SISTEMAS GENITAL E URINÁRIO

ISSO É NORMAL PARA ALGUÉM DA MINHA IDADE?

Eleanor é viúva, 88 anos, mãe de dois filhos e vai a uma consulta médica em uma clínica, no final de uma tarde de domingo, uma vez que seu médico particular se aposentou há alguns meses. As queixas principais de Eleanor ao médico em serviço são estas:

- Sente necessidade aumentada de urinar e uma "discreta" incapacidade de controlar o processo de micção.
- Apresenta surtos recorrentes de dor durante a micção.
- Tem sentido dores lombares crônicas, que não respondem à medicação de venda liberada.
- Refere ter sido submetida a uma mastectomia total.
- Apresenta leve hipertensão, razão pela qual está sob medicação regular.

Devido à sua falta de familiaridade com o médico e por vergonha, Eleanor se recusa a passar por um exame pélvico.

Exame inicial

O médico da clínica nota o seguinte:

- Pressão sangüínea, quando medicada, de 145/92.
- Uma amostra de urina testada por imersão de fita reagente apresenta sinais químicos de glóbulos brancos.
- A paciente menciona uma dor lombar discreta localizada na região inferior à costela XI esquerda e na região inferior à costela XII direita.

O médico informa a Eleanor que a incapacidade de controlar o músculo esfincter externo da uretra é relativamente comum entre pacientes idosos, assim como as infecções do trato urinário. O médico conclui o diagnóstico de infecção do trato urinário, prescreve um medicamento à base de sulfa e recomenda que passe por um exame físico completo com o médico de sua preferência.

Após duas semanas houve novo episódio de dor. Além disso, os sintomas de Eleanor se tornaram mais intensos e discretamente modificados desde sua visita à clínica. Maria, sua nora, a aconselha a agendar uma consulta com seu ginecologista. Eleanor aceita e Maria marca a consulta.

Exame de acompanhamento

Eleanor relata ao ginecologista as informações apresentadas ao médico clínico geral e também as seguintes informações:

- Apresenta escape de urina sempre que tosse, espirra ou carrega algum tipo de peso, como uma sacola de compras. Este problema vem se desenvolvendo ao longo de meses e piorou nas últimas semanas. O ginecologista anota "incontinência ao esforço".
- Tem necessidade de urinar freqüentemente, cerca de 10 vezes durante o dia e mais de cinco vezes durante a noite. Esse problema também vem se desenvolvendo ao longo de meses e piorou nas últimas semanas.
- Sofre dificuldades com constipação.
- Suas dores lombares contínuas aumentam de intensidade ao final do dia.
- Relata a sensação de "algo descendo" pela vagina quando está em pé, referindo piora ao final do dia.
- Durante questionamento mais aprofundado, Eleanor refere que a incontinência ao esforço e o aumento da freqüência urinária diminuíram, enquanto a sensação de "algo descendo" pela vagina intensificou.

O ginecologista realiza um exame pélvico e encontra alterações físicas que auxiliam a diagnosticar os problemas de Eleanor.

Pontos a considerar

Ocasionalmente, todos os sistemas do corpo apresentam sinais ou sintomas que permitem ao médico combinar os vários indícios, o que idealmente levará ao correto diagnóstico. Tanto os sintomas apresentados pelo paciente quanto a análise e a interpretação desses sintomas contribuem no trabalho de investigação da doença.

Para considerar o significado das informações apresentadas neste caso, revise o material apresentado nos capítulos referentes ao sistema urinário e ao sistema genital. As questões a seguir o orientarão nessa revisão. Pense a respeito e responda cada uma delas consultando os Capítulos 26 e 27 se necessário.

1. Quais estruturas anatômicas podem ser as causas das dores de Eleanor?

Caso clínico (*continuação*)

2. Quais são as patologias específicas e/ou alterações decorrentes da idade nas estruturas anatômicas que podem estar contribuindo para as dores de Eleanor?
3. Explique por que as queixas de constipação de Eleanor poderiam estar intimamente relacionadas com seus demais sintomas.

Análise e interpretação

As informações a seguir respondem às questões levantadas na seção "Pontos a considerar". Para revisar essa matéria, consulte as páginas nos capítulos indicados.

1. Eleanor refere "dor nos rins" provavelmente em função da presença de infecção do trato urinário. pág. 472
2. A idade da paciente é um fator importante para o diagnóstico médico. A incontinência urinária é um problema comum relacionado ao envelhecimento, freqüentemente causado por alterações funcionais relacionadas à idade que impedem o controle adequado do reflexo de micção pelo sistema nervoso central. pág. 708 Existem várias estruturas de tecido conectivo que sustentam o útero e a bexiga urinária na mulher. Vários fatores, incluindo múltiplos partos normais e menopausa e suas características reduções na liberação do HLG, HFE e HL podem fragilizar estas estruturas de sustentação, pág. 733. pág. 704
   - O estiramento dos ligamentos transversos do colo (cardinais) resulta na deficiência da sustentação da parte superior da vagina e do útero sobre o diafragma da pelve, pág. 733).
   - O ligamento retouterino ("ligamento posterior" ou "ligamento sacrouterino") é revestido pelo peritônio refletido a partir da região do fórnice posterior da vagina, anteriormente ao reto, limitando a profunda escavação retouterina, pág. 727. A escavação retouterina é um espaço fundo entre a parede posterior do útero e a superfície anterior do reto. O enfraquecimento da prega retouterina pode não ser capaz de manter a posição do órgão, causando o deslocamento do útero em direção à escavação retouterina.
   - A menopausa também pode fragilizar os ligamentos do colo do útero, os "ligamentos sacrouterinos" e os ligamentos pubocervicais. Os ligamentos do colo do útero oferecem importante sustentação mecânica ao útero, pág. 727, 733. Os "ligamentos sacrouterinos" sustentam o útero, passando posteriormente a partir do colo e do corpo do útero, bilateralmente ao reto e fixando-se ao sacro. Os ligamentos pubocervicais dirigem-se anteriormente a partir da face anterior do útero e parte superior da vagina, passando ao redor da uretra e fixando-se à região posterior dos ossos púbis. O enfraquecimento de qualquer um desses ligamentos, ou de todos, permitirá o deslocamento inferior do útero.
3. O prolapso do útero (geralmente o colo) na pelve pode causar o bloqueio parcial do acesso para o reto. O parto pode distender e danificar as camadas musculares ante-

TERMOS DO CASO CLÍNICO

Constipação: Condição em que os movimentos peristálticos são incompletos ou têm freqüência diminuída, causando dificuldade para evacuar.

Hipertensão: Pressão sangüínea mantida acima dos 120/80 mm/Hg (antigamente, valores de pressão sangüínea entre 120-140/80-90 eram denominados pré-hipertensão).

Incontinência ao esforço: Incapacidade de manter o m. esfíncter externo da uretra contraído durante ações musculares repentinas, como espirrar, ou durante a compressão abdominal ao levantar objetos pesados, ocorrendo escape urinário.

Mastectomia total: Procedimento cirúrgico envolvendo a remoção total da mama, incluindo a papila mamária, a aréola da mama, a pele sobrejacente e os músculos peitorais, além do tecido linfático da parede do tórax, da axila e da rede mamária.

Medicação de venda liberada: Que pode ser adquirida em farmácias sem prescrição médica.

Medicamento à base de sulfa: Uma droga antibacteriana, contendo o complexo químico sulfanilamida, comumente usado no tratamento das infecções do trato urinário.

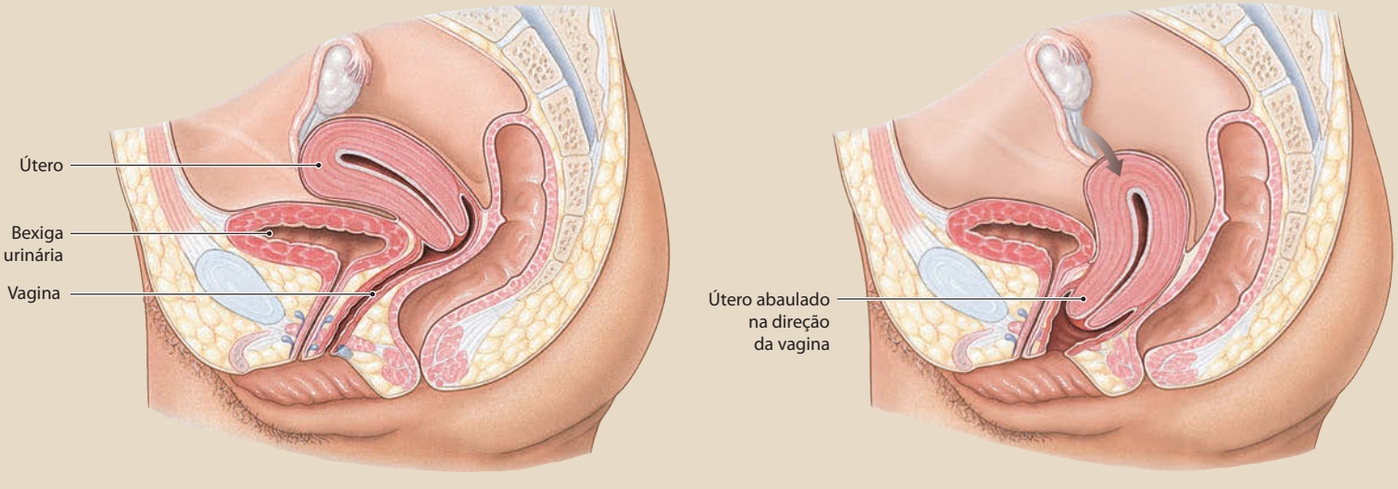


Figura 27.22 **Prolapso uterovaginal.**

Caso clínico (*continuação*)

riores da parede retal, resultando em menor força propulsiva para o processo de evacuação. Essa combinação diminui a velocidade da passagem das fezes ao longo do colo, e o tempo do trânsito fecal mais longo permite maior reabsorção de água, o que resulta em constipação. A retenção de fezes pode pressionar a bexiga urinária, quando cheia, retardando a micção, interferindo no seu completo esvaziamento e favorecendo o surgimento de infecções do trato urinário. Um ciclo contínuo pode se estabelecer com a inter-relação entre a distensão das estruturas de sustentação da pelve, o prolapso do útero, a constipação e a incontinência urinária.

Diagnóstico

Eleanor recebeu o diagnóstico de prolapso uterovaginal (**Figura 27.22**), que envolve a herniação parcial do útero e/ou partes da bexiga urinária, uretra e parte terminal do reto através do soalho/diafragma da pelve e paredes musculares da vagina. Menopausa, partos vaginais de dois ou mais filhos e idade avançada aumentam as chances de aparecimento destes prolapsos. ■

TERMOS CLÍNICOS

Antígeno prostático específico (APE/PSA): Antígeno cuja concentração sangüínea aumenta em indivíduos com câncer de próstata ou outras doenças prostáticas.

Blenorragia (gonorréia): Doença sexualmente transmissível do trato genital.

Câncer de próstata: Um câncer maligno e metastático; a segunda causa mais comum de mortes por câncer em homens.

Candidíase: Infecção vaginal causada por fungo. O agente responsável integra a população microbiana vaginal normal em 30 a 80% das mulheres saudáveis. Os sintomas incluem prurido e sensação de queimação; um corrimento vaginal de consistência granulosa e coloração esbranquiçada pode ser produzido. Medicações antifúngicas são utilizadas no tratamento desta doença.

Criptorquidismo: Falha no processo de descida de um ou dois testículos para o escroto, observada ao nascimento.

Doença inflamatória pélvica (DIP): Uma infecção dos órgãos genitais femininos internos.

Doenças sexualmente transmissíveis (DST): Doenças transmitidas primária ou exclusivamente pelo contato sexual. Exemplos comuns incluem clamidíase, gonorréia, sífilis, herpes e SIDA/AIDS.

Endometriose: Crescimento de tecido endometrial fora do útero.

Infeções por *Chlamydia*: A bactéria *Chlamydia trachomatis* é responsável pela maioria dos casos de doença inflamatória pélvica (DIP), e mesmo infecções assintomáticas podem resultar em infertilidade pelo bloqueio da tuba uterina.

Leiomiomas ou fibromas: Tumores benignos do miométrio; são os tumores mais comuns do sistema genital feminino.

Orquiectomia: Remoção cirúrgica de um testículo.

Pólipos endometriais: Tumores epiteliais benignos do revestimento uterino.

Prostatectomia: Remoção cirúrgica da próstata.

Sífilis: DST que resulta da infecção pela bactéria *Treponema pallidum*.

Síndrome do choque séptico: Grave infecção vaginal pela bactéria *Staphylococcus*. Os sintomas incluem febre alta, dor de garganta, vômito, diarréia e exantema generalizado; choque, insuficiência respiratória e falência renal ou hepática podem também se desenvolver. A taxa de mortalidade é 10 a 15%, o que indica a gravidade desta doença.

Torção testicular: Torção do funículo espermático e redução no suprimento sangüíneo, resultante da rotação do testículo no interior do escroto.

Tricomoníase: Infecção causada pelo parasita *Trichomonas vaginalis*, transmitido pelo contato sexual com um portador.

Vaginite: Infecção da vagina por bactérias ou fungos.

Vaginite bacteriana (inespecífica): Infecção vaginal resultante da ação combinada de várias bactérias em quantidade extremamente elevada. Em geral, em 30% das mulheres adultas, as bactérias estão presentes em pouca quantidade. Nesta forma de vaginite, o corrimento vaginal contém células epiteliais e um grande número de bactérias. O uso de antibióticos é freqüentemente eficaz no controle desta condição.

Vasectomia: Remoção cirúrgica de um segmento do ducto deferente, impossibilitando a passagem dos espermatozóides à parte distal do trato genital masculino.

RESUMO PARA ESTUDO

Introdução 715

1. O sistema genital humano produz, armazena, nutre e transporta **gametas** funcionais (células reprodutoras). **Fertilização** é a fusão de um **espermatozóide** masculino e um **óvulo** feminino para a formação de um **zigoto** (ovo fertilizado).

Organização do sistema genital 715

1. O sistema genital inclui **gônadas**, ductos, órgãos e glândulas acessórias e **órgãos genitais externos**.
2. No homem, os **testículos** produzem os espermatozóides que são expelidos do corpo no **sêmen** durante a **ejaculação**. Os **ovários** (gônadas) de uma mulher sexualmente madura produzem um óvulo que se desloca ao longo das **tubas uterinas** para atingir o **útero**. A **vagina** liga o útero ao ambiente externo.

Anatomia do sistema genital masculino 715

1. Os **espermatozóides** fazem trajeto ao longo do **epidídimo**, do **ducto deferente**, do **ducto ejaculatório** e da **uretra** antes de deixarem o corpo. Órgãos acessórios (em especial as **glândulas seminais**, a **próstata** e as **glândulas bulbouretrais**) secretam nos ductos ejaculatórios e na uretra. O **escroto** abriga os testículos, e o **pênis** é um órgão erétil. (*ver Figuras 27.1 a 27.9*)

Os testículos 715

2. Os testículos pendem no interior do escroto, cada um medindo aproximadamente 5 cm de comprimento e 2,5 cm de diâmetro.
3. A **descida dos testículos** através dos canais inguinais ocorre durante o desenvolvimento. Antes disso, os testículos são mantidos em sua posição de origem pelo **gubernáculo do testículo**. Durante o sétimo mês de de-

senvolvimento, o crescimento diferenciado e a contração do gubernáculo do testículo produzem a descida dos testículos. (*ver Figura 27.2*)

4. Camadas de tecido conectivo, fáscia e músculo coletivamente constituem uma bainha, o funículo espermático, que inclui o ducto deferente, a artéria testicular, a veia testicular, o **plexo pampiniforme**, o **nervo ilioinguinal** e o **nervo genitofemoral**. (*ver Figura 27.3*)
5. Os testículos se mantêm conectados à cavidade abdominal por meio dos **funículos espermáticos**. A **rafe do escroto** marca o limite externo entre as duas câmaras do escroto. Cada testículo situa-se em uma **cavidade do escroto**. (*ver Figuras 27.1/27.2/27.4*)
6. A contração do **músculo dartos** confere ao escroto uma aparência enrugada; o **músculo cremaster** traciona os testículos na direção da parede do corpo. A **túnica vaginal** é uma túnica serosa que recobre a **túnica albugínea**, a cápsula fibrosa que circunda cada testículo. Septos estendem-se a partir da túnica albugínea para o **mediastino do testículo**, criando uma série de **lóbulos do testículo**. Os **túbulos seminíferos contorcidos** no interior de cada lóbulo são os locais de produção de espermatozóides. A partir destas regiões o espermatozóide passa por um **túbulo seminífero reto** e atinge a **rede do testículo**. Os **dúctulos eferentes** conectam a rede do testículo ao epidídimo. Localizadas entre túbulos seminíferos, as **células intersticiais** secretam os hormônios sexuais masculinos, os *andrógenos*. Os túbulos seminíferos contorcidos contêm **espermatogônias**, células-tronco envolvidas na **espermatogênese** (a produção do espermatozóide). (*ver Figuras 27.1 a 27.5*)
7. As espermatogônias produzem **espermatócitos primários**, células **diplóides** prontas a passar pelo processo de **meiose**. Quatro espermátides são produzidas a partir de cada **espermatócito primário**. As espermátides permanecem imersas no interior das **células de Sertoli** durante sua maturação em **espermatozóides**, um processo denominado **espermiogênese**. As células de Sertoli atuam na manutenção da **barreira hemato-testicular**, na sustentação da espermatogênese e da espermiogênese e na secreção de **inibina** e **proteína fixadora de andrógeno** (**PFA**).

Anatomia do espermatozóide 721

8. Cada espermatozóide apresenta uma **cabeça**, um **colo**, uma **peça intermediária** e uma **cauda**. A extremidade anterior da cabeça apresenta um **acrossomo**. A cauda é constituída por um único **flagelo**. Devido à ausência da maioria das estruturas intracelulares, o espermatozóide precisa absorver nutrientes do meio externo. (*ver Figura 27.6*)

O trato genital masculino 722

9. Após destacarem-se das células de Sertoli, os espermatozóides são transportados por correntes de líquidos no interior do epidídimo, um tubo alongado, constituído por **cabeça**, **corpo** e **cauda**. O epidídimo monitora e ajusta a composição do líquido tubular, serve como um centro de reciclagem para os espermatozóides danificados, armazena espermatozóides e facilita sua maturação funcional (um processo denominado **capacitação**). (*ver Figuras 27.1/27.4/27.7*)
10. O **ducto deferente** origina-se no epidídimo e atravessa o canal inguinal como um componente do funículo espermático. Nas proximidades da próstata, o ducto deferente se dilata para formar a **ampola do ducto deferente**. A união entre o ducto excretor da glândula seminal e a ampola do ducto deferente origina o **ducto ejaculatório**, que desemboca na uretra. O ducto deferente transporta e armazena espermatozóides. (*ver Figuras 27.1/27.7/27.8*)
11. A uretra se estende desde a bexiga urinária até a extremidade do pênis, podendo ser subdividida em três partes: *parte prostática*, *parte membranácea* e *parte esponjosa da uretra*. (*ver Figuras 27.1/27.9*)

As glândulas acessórias 722

12. As glândulas acessórias funcionam para ativar e fornecer nutrientes aos espermatozóides e para produzir substâncias-tampão que neutralizam a acidez da uretra e da vagina.
13. Cada **glândula seminal** (**vesícula seminal**) é uma glândula secretora que contribui com aproximadamente 60% do volume do sêmen; suas secreções são ricas em frutose, que é facilmente utilizável pelos espermatozóides para produção de ATP. Os espermatozóides tornam-se altamente ativos após entrarem em contato e mesclarem-se às secreções das glândulas seminais. (*ver Figuras 27.1/27.8/27.9*)
14. A **próstata** secreta um líquido altamente ácido (**líquido prostático**) que compreende 20 a 30% do volume de sêmen. Essas secreções contêm um antibiótico, a **plasmina seminal**, que pode auxiliar a evitar infecções do trato urinário nos homens. (*ver Figuras 27.1/27.8/27.9*)
15. Um muco alcalino secretado pelas **glândulas bulbouretrais** (*glândulas de Cowper*) apresenta propriedades lubrificantes. (*ver Figuras 27.1/27.8/27.9*)

Sêmen (esperma) 725

16. Uma ejaculação típica libera entre 2 e 5 mL de **ejaculado** (quantidade de sêmen ejaculado), que apresenta uma **contagem** de 20 a 100 milhões de espermatozóides por mL. O **líquido seminal** é uma mistura específica de secreções das glândulas acessórias e contém importantes enzimas.

O pênis 725

17. O **pênis** pode ser dividido em **raiz**, **corpo** e **glande**. A pele que recobre o pênis assemelha-se àquela do escroto. O **prepúcio** envolve a extremidade do pênis (glande). As **glândulas do prepúcio**, situadas na superfície interna do prepúcio, secretam **esmegma**. A maior parte do corpo do pênis consiste em três massas de **tecido erétil**. Subjacentemente à tela subcutânea do pênis, situam-se dois **corpos cavernosos** e um único **corpo esponjoso**, que circunda a uretra. Quando os músculos lisos nas paredes arteriais estão em estado de relaxamento, o tecido erétil torna-se ingurgitado de sangue, produzindo uma **ereção**. (*ver Figuras 27.1/27.2/27.9*)

Anatomia do sistema genital feminino 727

1. As principais estruturas do sistema genital feminino incluem os **ovários**, as **tubas uterinas**, o **útero**, a **vagina** e os órgãos genitais externos. (*ver Figuras 27.10 a 27.21*)
2. Os ovários, as tubas uterinas e o útero são sustentados pelo **ligamento largo do útero** (uma extensa projeção de peritônio). O **mesovário** sustenta e estabiliza cada ovário. (*ver Figuras 27.10/27.11/27.15*)

Os ovários 727

3. Os ovários são mantidos em posição pelo **ligamento útero-ovárico** e pelo **ligamento suspensor do ovário**. A **artéria ovárica** e a **veia ovárica** entram no ovário ao nível do **hilo do ovário**. Cada ovário é coberto por uma **túnica albugínea**. (*ver Figuras 27.10/27.11/27.15*)
4. A **oogênese** (produção de gametas) ocorre mensalmente em **folículos ováricos** como parte do **ciclo ovárico**. Enquanto os **folículos ováricos primordiais** amadurecem em **folículos ováricos primários**, as **células granulosas da teca**, que envolvem o oócito, liberam estrógenos, especialmente o **estradiol**. O **líquido folicular** favorece o rápido crescimento durante a formação de apenas alguns **folículos ováricos secundários**. Finalmente, desenvolve-se um **folículo terciário** (**folículo ovárico maduro**, ou *folículo de Graaf*). O oócito primário passa por divisão meiótica produzindo um oócito secundário. Na **ovulação**, um **oócito secundário** circundado por células foliculares (a **coroa radiada**) é liberado através da parede rompida do ovário. (*ver Figura 27.12*)
5. As células foliculares remanescentes no interior do ovário formam o **corpo lúteo**, que produz **progestinas**, principalmente **progesterona**. Se a gravidez não ocorre, o corpo lúteo degenera e constitui o **corpo albicante**, formado por tecido cicatricial. (*ver Figura 27.12*)
6. O declínio dos níveis de estrógeno e progesterona desencadeia a secreção do **HLG/GnRH**, que por sua vez dispara a estimulação da produção de HFE/FSH e do HL/LH, reiniciando o ciclo. (*ver Figura 27.18*)

As tubas uterinas 732

7. Cada **tuba uterina** apresenta um funil expandido, o **infundíbulo**, caracterizado pela presença de **fímbrias** (projeções); uma **ampola**; um **ist-**

mo; e uma parte uterina que se abre na cavidade do útero. (*ver Figuras 27.10/27.11/27.14/27.15*)

8. A tuba uterina é revestida por epitélio colunar simples, ciliado e não-ciliado, o qual facilita o transporte de materiais. Para que a fertilização ocorra, o óvulo deve encontrar o espermatozóide nas primeiras 12 a 24 horas de sua passagem desde o infundíbulo até o útero.

O útero 733

9. O **útero** fornece proteção mecânica e sustentação nutritiva ao embrião em desenvolvimento. Em geral, o útero curva-se anteriormente nas proximidades do seu colo (*anteflexão*); sua posição é estabilizada pelo **ligamento largo do útero**, pelos **ligamentos retouterinos** ("*ligamentos sacrouterinos*"), pelos **ligamentos redondos** e pelos **ligamentos transversos do colo (cardinais)**. (*ver Figuras 27.10/27.11/27.15*)
10. A divisão macroscópica do útero inclui **corpo do útero** (a maior porção), **fundo do útero**, **istmo do útero**, **colo do útero**, **óstio do útero**, **cavidade do útero**, **canal do colo do útero** e **óstio anatômico interno do útero**. A parede uterina pode ser dividida em **endométrio**, interno, **miométrio**, muscular, e **perimétrio**. (*ver Figuras 27.15/27.16*)
11. O útero recebe sangue das **artérias uterinas**, que se ramificam e formam extensas interconexões.
12. Um **ciclo uterino** (*ciclo menstrual*) típico de 28 dias começa com o início da **menstruação** e a destruição da camada funcional do endométrio. A menstruação dura entre 1 e 7 dias. (*ver Figuras 27.17/27.18*)
13. Após a menstruação, inicia-se a **fase proliferativa** e a camada funcional gradualmente se espessa e se restaura. A atividade menstrual é iniciada na **menarca** (primeiro ciclo uterino) e continua até a **menopausa**. (*ver Figuras 27.17/27.18*)

A vagina 735

14. A **vagina** é um tubo muscular elástico que se estende entre o útero e os órgãos genitais externos. A vagina serve como via de passagem para os líquidos menstruais, recebe o pênis durante a relação sexual e forma a porção inferior do "canal de parto". Uma delgada prega epitelial, o **hímen**, bloqueia parcialmente a entrada da vagina. A vagina é revestida por um epitélio escamoso estratificado que, quando relaxado, forma pregas denominadas *rugas vaginais*. (*ver Figuras 27.10/27.11/27.19*)

Os órgãos genitais femininos externos 737

15. As estruturas do **pudendo feminino** (**vulva**) incluem o **vestíbulo da vagina**, os **lábios menores do pudendo**, o **clitóris**, o **prepúcio do clitóris** e os **lábios maiores do pudendo**. As **glândulas vestibulares maiores** e **menores** mantêm a área umedecida no interior e ao redor do vestíbulo da vagina. O **monte do púbis**, constituído de tecido adiposo, constitui o limite externo do pudendo feminino (vulva). (*ver Figuras 27.10/27.20*)

As glândulas mamárias 738

16. As **glândulas mamárias** situam-se na tela subcutânea subjacente à pele do tórax e são o local da produção do leite, ou **lactação**. O tecido glandular da mama é composto de lóbulos secretores. Ductos que se originam dos lóbulos convergem para um único **ducto lactífero**, que se expande nas proximidades da papila mamária, formando um **seio lactífero**. Os ductos das glândulas mamárias subjacentes abrem-se na superfície do corpo nas **papilas mamárias**. (*ver Figura 27.21*)
17. Ramos da *artéria torácica interna* fazem o suprimento sangüíneo de cada mama.
18. As glândulas mamárias desenvolvem-se durante a gravidez sob a influência da *prolactina (PRL)* e do *hormônio do crescimento (HC)* produzidos pelo lobo anterior da hipófise, bem como do **lactogênio placentário humano (LPH)**, produzido pela placenta.

Gravidez e o sistema genital feminino 739

19. Após a fertilização, ocorre a **implantação** do **blastocisto** no endométrio. A **placenta** desenvolve funções endócrinas, como um órgão endócrino temporário, produzindo vários hormônios importantes. A **gonadotrofina coriônica humana (GCH/HCG)** mantém o corpo lúteo por vários meses. Quando o corpo lúteo se degenera, a placenta já está secretando ativamente estrógeno e progesterona. A placenta também produz a **relaxina**, importante para o trabalho de parto, além do lactogênio placentário humano (LPH).

Envelhecimento e sistema genital 740

Menopausa 740

1. A **menopausa** (momento em que cessam a ovulação e a menstruação) ocorre tipicamente ao redor dos 50 anos. A **menopausa prematura** ocorre antes dos 40 anos. A produção de HLG/GnRH, HFE/FSH e HL/LH se eleva, enquanto as concentrações circulantes de estrógenos e progestinas declinam.

O climatério masculino 741

2. O **climatério masculino**, que ocorre entre os 50 e 60 anos, envolve um declínio nos níveis circulantes de testosterona e uma elevação nos níveis de HL/LH e HFE/FSH.

REVISÃO DO CAPÍTULO

Para respostas às questões da Revisão dos Conceitos e Revisão do Capítulo, veja a seção de Respostas na parte final do livro.

Nível 1 – Revisão de fatos e termos

Associe cada item numerado com a letra do item que melhor se relaciona. Utilize letras para as respostas nos espaços apropriados.

Coluna A	Coluna B
__ 1. células intersticiais	a. ligação da câmara do escroto à cavidade peritoneal
__ 2. canais inguinais	b. células-tronco que produzem espermatozóides
__ 3. glândulas mamárias	c. compartimento do escroto contendo um testículo
__ 4. endométrio	d. local de lactação
__ 5. músculo dartos	e. flagelo
__ 6. cavidade do escroto	f. camada interna da parede uterina
__ 7. espermatogônias	g. porção alargada da tuba uterina
__ 8. estradiol	h. importante hormônio estrogênio
__ 9. ampola	i. responsáveis pela produção de andrógeno
__10. cauda do espermatozóide	j. camada de músculo liso na derme do escroto

11. O sistema genital inclui:
    (a) gônadas e órgãos genitais externos
    (b) ductos que recebem e transportam os gametas
    (c) glândulas acessórias e órgãos que secretam líquidos
    (d) todas as anteriores

12. Os órgãos acessórios do sistema genital masculino incluem todos, exceto:
    (a) as glândulas seminais
    (b) o escroto
    (c) as glândulas bulbouretrais
    (d) a próstata

13. A produção de espermatozóides ocorre:
    (a) no ducto deferente
    (b) nos túbulos seminíferos
    (c) no epidídimo
    (d) nas glândulas seminais

14. A estrutura que transporta espermatozóides do epidídimo à uretra é:
    (a) o ducto deferente
    (b) o epidídimo
    (c) a glândula seminal
    (d) o ducto ejaculatório

15. O mediastino do testículo:
    (a) é localizado ventralmente
    (b) sustenta os vasos sangüíneos e linfáticos que suprem os testículos
    (c) separa os testículos direito e esquerdo
    (d) forma parte da cápsula testicular externa

16. A estrutura que transporta o óvulo até o útero é:
    (a) o ligamento retouterino
    (b) a vagina
    (c) a tuba uterina
    (e) o infundíbulo

17. Qual dos seguintes não é um ligamento de sustentação do útero?
    (a) suspensor
    (b) transverso do colo (cardinal)
    (c) redondo
    (d) largo

18. Durante a fase proliferativa do ciclo menstrual:
    (a) ocorre a ovulação
    (b) uma nova camada funcional se forma no útero
    (c) glândulas secretoras e vasos sangüíneos desenvolvem-se no endométrio
    (d) a camada funcional antiga é destruída e eliminada

19. A vagina é:
    (a) um espaço central cercado pelos lábios menores do pudendo
    (b) o revestimento interno do útero
    (c) a parte inferior do útero
    (d) um tubo muscular que se estende entre o útero e os órgãos genitais externos

20. A estrutura do sistema genital feminino homóloga ao escroto no sistema genital masculino é:
    (a) a vagina
    (b) o colo do útero
    (c) os lábios maiores do pudendo
    (d) a tuba uterina

Nível 2 – Revisão de conceitos

1. Como a função peniana seria alterada se o suprimento sangüíneo para os corpos cavernosos estivesse prejudicado?
    (a) o pênis ereto não se tornaria flácido
    (b) não ocorreria a ereção
    (c) poderia ocorrer ereção, mas não ejaculação
    (d) haveria oclusão da uretra

2. O que acontecerá com a função do sistema genital masculino se os testículos não descerem?
    (a) o suprimento sangüíneo testicular não será adequado
    (b) o funículo espermático estará herniado no canal inguinal
    (c) quantidades excessivas de hormônios sexuais masculinos serão secretadas na cavidade abdominal
    (d) não serão produzidos espermatozóides viáveis

3. Em alguns casos, um tumor de mama pode ser detectado pela observação de um nódulo palpável na região. Que estruturas mamárias são responsáveis por este fenômeno?
    (a) o tumor, na medida em que ele estimula a contração dos músculos lisos da pele
    (b) nenhuma estrutura mamária está envolvida; somente os músculos peitorais maior e menor
    (c) os linfonodos mamários, nos quais o tumor provoca contração
    (d) os ligamentos suspensores da mama, que estão conectados ao tumor

4. Que região do espematozóide contém cromossomos?

5. Qual é a função do acrossomo?

6. Onde é produzida a plasmina seminal e qual é a sua função?

7. Como o líquido folicular favorece o desenvolvimento de um folículo?

8. A menstruação resulta na perda de que camada do endométrio?

9. Qual é o hormônio que pode ser detectado logo após a implantação do blastocisto?

10. Normalmente, quando começa a descida dos testículos?

Nível 3 – Pensamento crítico

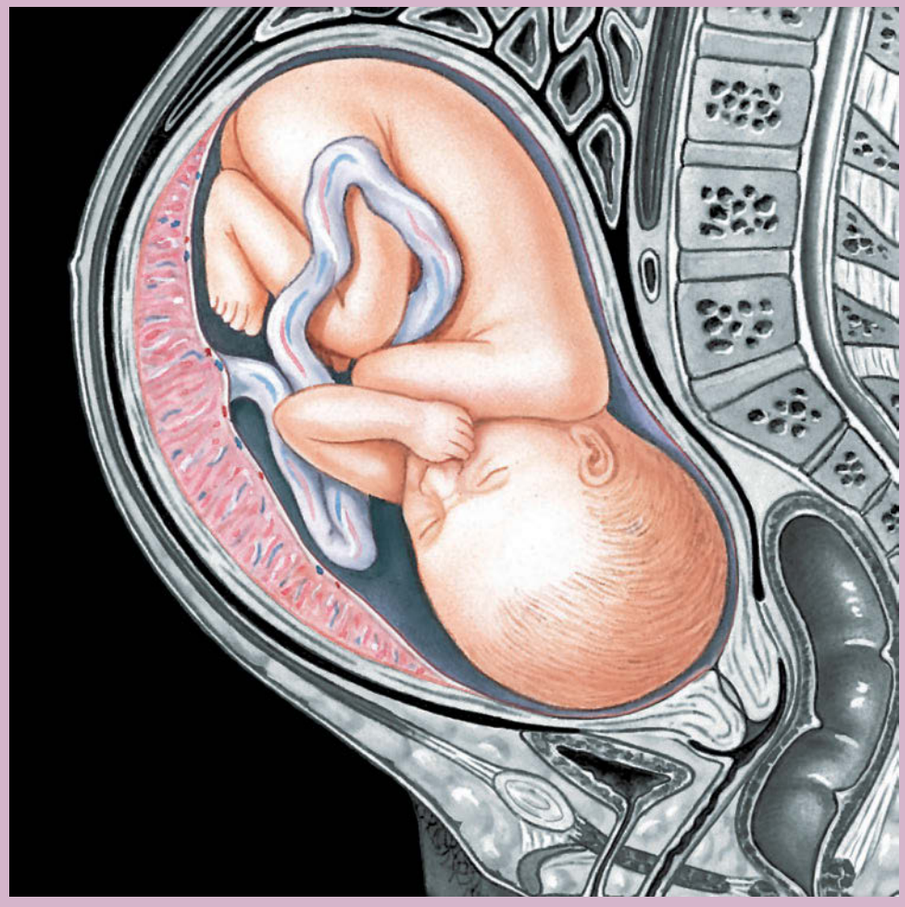
1. Joaquim sofreu um acidente automobilístico que seccionou sua medula espinal no nível da vértebra L III. Após seu restabelecimento, ele deseja saber se ainda poderá ter ereções. O que você lhe responderia?

2. Em uma condição conhecida como endometriose, as células endometriais proliferam no interior da tuba uterina ou da cavidade peritoneal. Um dos principais sintomas da endometriose é dor periódica. Como você justificaria este sintoma?

3. As mulheres são mais suscetíveis do que os homens a infecções do trato urinário e a peritonites resultantes da atividade sexual. Explique o porquê desta incidência diferenciada considerando o dimorfismo anatômico entre homens e mulheres.

28

Embriologia e Desenvolvimento Humano



Introdução 748

Uma visão geral do desenvolvimento 748

Fertilização 748

Desenvolvimento pré-natal 749

Trabalho de parto 760

O período neonatal 763

OBJETIVOS DO CAPÍTULO:

1. Discutir as condições necessárias para o sucesso da fertilização.
2. Descrever o processo de fertilização.
3. Discutir os estágios do desenvolvimento embrionário e fetal.
4. Descrever o processo de clivagem e discutir onde ele ocorre.
5. Diferenciar os estágios pré-embrionário, embrionário e fetal.
6. Descrever o processo de implantação.
7. Descrever os eventos que ocorrem durante o primeiro trimestre e explicar por que eles são vitais para a sobrevivência do embrião.
8. Descrever o processo de placentação e explicar sua importância.
9. Fornecer um resumo da embriogênese.
10. Resumir os eventos que ocorrem no segundo e no terceiro trimestres.
11. Explicar as fases do trabalho de parto e os eventos que ocorrem imediatamente antes e logo depois da expulsão do feto.
12. Identificar as modificações anatômicas que ocorrem quando o feto completa a transição para recém-nascido.

Desenvolvimento é a modificação gradual das estruturas anatômicas durante o período desde a concepção até a maturidade. As mudanças são realmente marcantes – o que se inicia como uma simples célula ligeiramente maior do que o ponto final desta frase transforma-se em um corpo humano contendo trilhões de células organizadas em tecidos, órgãos e sistemas. A formação de tipos celulares especializados durante o desenvolvimento é denominada **diferenciação**, e ocorre por meio de alterações seletivas na atividade genética. A compreensão básica do desenvolvimento humano fornece informações que potencializam o conhecimento das estruturas anatômicas. Esta discussão abordará os aspectos principais do processo de desenvolvimento. Os Resumos de Embriologia, que oferecem imagens para a visualização do desenvolvimento de cada sistema do corpo, também são apresentados neste capítulo.

Uma visão geral do desenvolvimento

O desenvolvimento envolve (1) a divisão e a diferenciação de células, resultando na formação de diversos tipos celulares, e (2) a reorganização desses tipos celulares para produzir ou modificar estruturas anatômicas. O desenvolvimento produz um indivíduo maduro, capaz de se reproduzir. O processo é uma seqüência contínua que se inicia com a **fertilização**, ou **concepção**, e pode ser dividido em períodos caracterizados por modificações anatômicas específicas. O **desenvolvimento pré-natal**, compreendido entre a concepção e o parto, será o principal aspecto abordado neste capítulo. O termo **embriologia** refere-se ao estudo dos eventos que ocorrem durante o desenvolvimento pré-natal. O **desenvolvimento pós-natal** inicia-se ao nascimento e continua até a maturidade. Consideraremos brevemente o *período neonatal*, imediatamente posterior ao parto, porém outros aspectos do desenvolvimento na infância e na adolescência, relacionados aos sistemas específicos, foram considerados em capítulos anteriores.

O período de desenvolvimento pré-natal pode ser subdividido. O **desenvolvimento pré-embrionário** começa na fertilização e continua com a *clivagem* (uma série inicial de divisões celulares) e a *implantação* (a movimentação do pré-embrião em direção ao interior do revestimento uterino).

Ao desenvolvimento pré-embrionário segue-se o **desenvolvimento embrionário**, que vai da implantação, tipicamente no nono ou décimo dia após a fertilização, até o final da oitava semana do desenvolvimento. O período de **desenvolvimento fetal** tem início na nona semana de desenvolvimento e se prolonga até o nascimento. Veremos agora mais detalhadamente cada um destes processos.

Fertilização [Figura 28.1a]

A fertilização envolve a fusão de dois gametas haplóides, produzindo um zigoto diplóide com o número somático normal de cromossomos (46). ∞ págs. 45, 719 As funções e as contribuições do espermatozóide e do oócito (óvulo) são bastante diferentes. O espermatozóide simplesmente conduz os cromossomos paternos ao local da fertilização, mas o oócito deve fornecer toda a nutrição e a programação genética para sustentar o desenvolvimento embrionário por aproximadamente uma semana após a concepção. O volume do oócito é, portanto, muito maior em relação ao do espermatozóide (Figura 28.1a).

A fertilização normal ocorre na ampola da tuba uterina, geralmente no período de um dia após a ovulação. Neste período de tempo, o oócito secundário percorre poucos centímetros, enquanto o espermatozóide deve percorrer a distância entre a vagina e a ampola da tuba uterina. Os espermatozóides depositados na vagina já apresentam motilidade, mas não podem fertilizar um oócito até que tenham passado pela capacitação, no interior do trato genital feminino. ∞ pág. 722

As contrações da musculatura uterina e a movimentação dos cílios nas tubas uterinas são mecanismos de aceleração do movimento dos espermatozóides, desde a vagina até o local da fertilização. O tempo desta passagem pode ser de 30 minutos a até duas horas. Apesar destes fatores que favorecem o deslocamento e da disponibilidade de nutrientes, essa passagem não é fácil. Dos aproximadamente 200 milhões de espermatozóides introduzidos na vagina, presentes em um volume normal de esperma ejaculado, somente cerca de 10.000 atingem a tuba uterina e menos de 100 atingem a ampola da referida tuba. Um homem com contagem espermática menor que 20 milhões/mL é funcionalmente **estéril**, pois poucos espermatozóides sobreviverão para atingir o oócito secundário. Um ou dois espermatozóides sozinhos não podem cumprir a fertilização por causa da condição do oócito secundário na ovulação.

O oócito na ovulação [Figura 28.1b]

A ovulação ocorre antes de se completar a maturação do oócito, e o oócito secundário que deixa o folículo ovárico se encontra na metáfase da segunda divisão meiótica (meiose II). As operações metabólicas também foram interrompidas e o oócito secundário encontra-se solto, em uma espécie de latência, aguardando o estímulo para a continuidade do seu desenvolvimento. Se a fertilização não ocorre, ele se desintegrará sem completar a meiose.

A fertilização é dificultada pelo fato de que, ao deixar o folículo ovárico, o oócito secundário está envolvido por uma camada de células foliculares, a *coroa radiada.* ∞ pág. 731 Os eventos que se seguem estão esquematizados na Figura 28.1b. A coroa radiada protege o oócito secundário durante seu trajeto através da parede folicular rompida e para o interior do infundíbulo da tuba uterina. Embora o processo físico da fertilização exija apenas um espermatozóide em contato com a membrana do oócito, o espermatozóide precisa antes penetrar na coroa radiada. O acrossomo do espermatozóide contém **hialuronidase**, uma enzima que quebra o cimento intercelular das células foliculares adjacentes na coroa radiada. Dezenas de espermatozóides precisam liberar hialuronidase a fim de que a quebra das conexões entre as células foliculares seja suficiente para permitir a fertilização. Independentemente de quantos espermatozóides entrem através da fenda, apenas um deles conseguirá a fertilização ativando o oócito. Quando este espermatozóide passa através da zona pelúcida e entra em contato com o oócito secundário, suas membranas celulares fundem-se e ele entra no **ooplasma**, ou citoplasma do oócito. Esta fusão de membranas deflagra a **ativação do oócito**. Essa ativação envolve uma série de mudanças na atividade metabólica do oócito secundário. A taxa metabólica do oócito eleva-se repentinamente, e mudanças imediatas no plasmalema evitam a fertilização por outros espermatozóides. (Caso ocorra penetração de mais de um espermatozóide na membrana do oócito, evento este denominado *polispermia*, não haverá possibilidade de desenvolvimento normal.) Talvez, a modificação mais dramática no oócito seja a finalização da meiose.

Formação do pró-núcleo e anfimixia [Figura 28.1b]

Após a ativação do oócito e a finalização da meiose, o material nuclear remanescente no interior do ovo reorganiza-se como **pró-núcleo feminino** (Figura 28.1b). Enquanto estas alterações estão ocorrendo, o núcleo do espermatozóide aumenta de volume, tornando-se o **pró-núcleo masculino**, que então migra para o centro da célula. O processo de fusão dos dois pró-núcleos é denominado **anfimixia**. Agora a fertilização está completa, com a formação de um **zigoto** contendo o complemento normal de 46 cromossomos. O zigoto agora se prepara para o início de suas divisões mitóticas que produzirão bilhões de células especializadas.

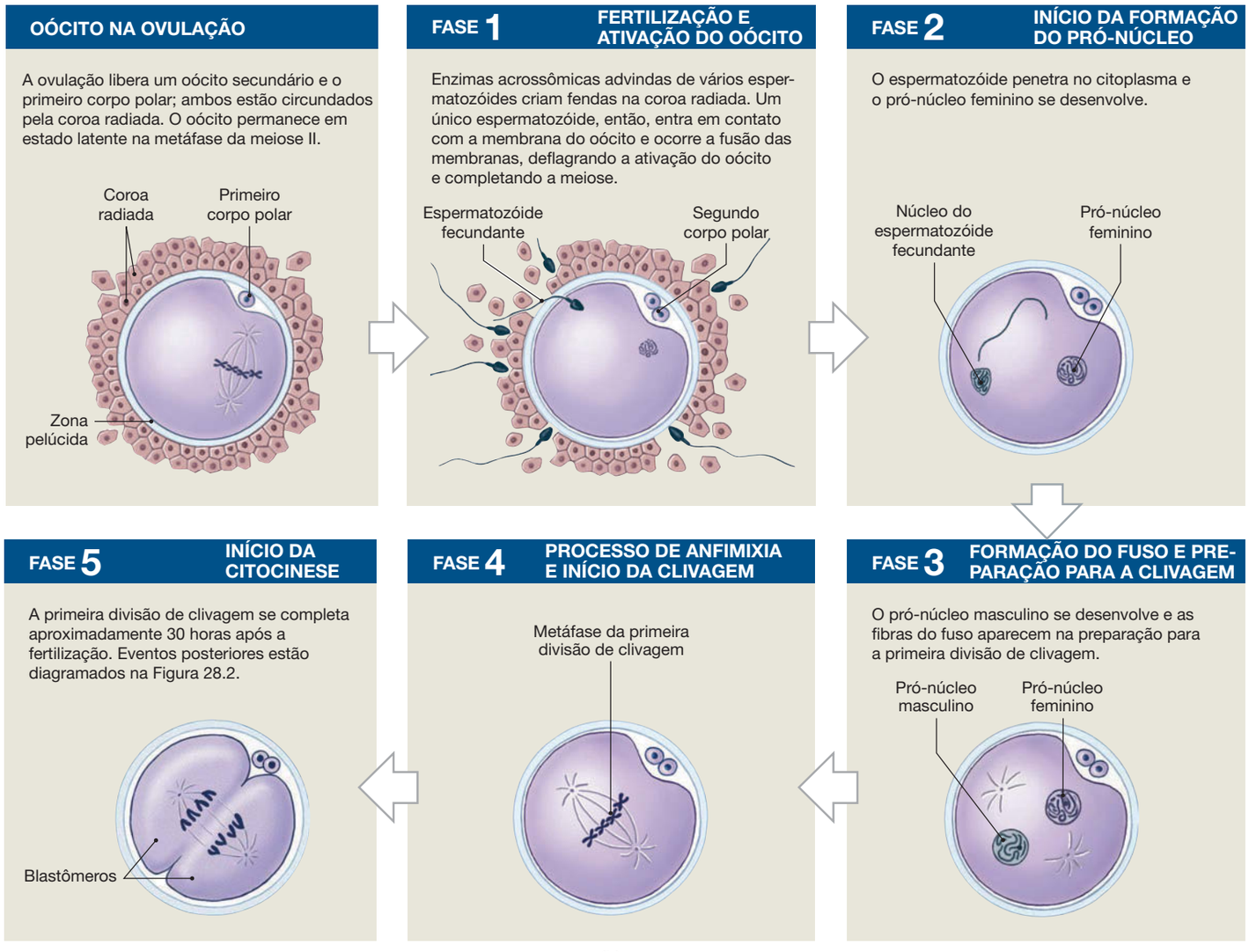
Figura 28.1 Fertilização e preparação para a clivagem.
(a) Um oócito secundário circundado por espermatozóides. **(b)** Eventos na fertilização e imediatamente depois.

(a)

Desenvolvimento pré-natal

O tempo decorrido no desenvolvimento pré-natal é denominado período de **gestação**. Por questão de conveniência, o período de gestação é dividido em três **trimestres** integrados:

- O **primeiro trimestre** é o período de desenvolvimento embrionário e de desenvolvimento fetal inicial. Durante esse período, formam-se os rudimentos de todos os principais sistemas de órgãos.
- No **segundo trimestre**, os órgãos e sistemas completam a maior parte do seu desenvolvimento. As proporções corporais mudam e, ao término desse trimestre, distingue-se claramente a aparência humana do feto.
- O **terceiro trimestre** é caracterizado pelo rápido crescimento fetal. No início desse trimestre, a maioria dos sistemas de órgãos torna-se plenamente funcional e crianças nascidas prematuramente, em um ou até dois meses antes do termo, apresentam chances consideráveis de sobrevivência.



(b)

Nota clínica

Perfeição e complexidade A expectativa dos futuros pais de que cada gravidez será idílica e que cada bebê será perfeito reflete uma série de conceitos equivocados e cristalizados sobre a natureza do processo de desenvolvimento. Esses conceitos equivocados levam à crença de que quando ocorrem graves erros de desenvolvimento, alguém ou alguma coisa deve ser responsabilizada. Esta "culpa" poderia ser atribuída a hábitos maternos (como tabagismo, consumo de álcool ou dieta inadequada), exposição materna a toxinas ou a drogas prescritas, ou à interferência de outros estímulos ambientais. Porém, a realidade é que mesmo se todas as gestantes fossem protegidas e permanecessem durante toda a gravidez em repouso no leito, desde a concepção até o parto, os erros e acidentes no desenvolvimento continuariam ocorrendo regularmente.

As **mutações espontâneas** resultam de erros ao acaso na replicação, e estes incidentes são relativamente comuns. Pelo menos 10% das fertilizações produzem zigotos com cromossomos anormais. Como a maioria das mutações espontâneas não produz defeitos visíveis, a proporção real dessas mutações pode ser bem maior. A maioria dos zigotos acometidos morre antes de completar seu desenvolvimento, e apenas cerca de 0,5% dos recém-nascidos apresenta anomalias cromossômicas resultantes de mutações espontâneas.

Devido à natureza dos mecanismos reguladores, o desenvolvimento pré-natal não segue padrões precisos e predeterminados. Por exemplo, existem muitas variações nos trajetos dos vasos sangüíneos e dos nervos; independentemente do trajeto do sangue e dos impulsos nervosos, o importante é que os suprimentos nervoso e sangüíneo sejam garantidos aos tecidos de destino. Entretanto, se as variações extrapolam limites aceitáveis, o embrião ou o feto não consegue completar seu desenvolvimento. Pequenas alterações no desenvolvimento da estrutura do coração podem resultar na morte do feto, enquanto grandes variações na distribuição das veias são relativamente comuns e não implicam disfunção. Virtualmente, cada ser humano pode ser considerado como portador de algum grau de variação anatômica porque ninguém possui, em todos os aspectos, características que estão estatisticamente dentro dos valores da média esperada. Estima-se que 20% dos seus genes apresentem diferenças sutis em relação aos genes encontrados na maioria da população, e defeitos pouco significativos, como mamilos extranumerários ou marcas de nascença, são bastante comuns.

Aproximadamente metade das concepções produz zigotos que não sobrevivem ao estágio de clivagem. Esses zigotos desintegram-se no interior das tubas uterinas ou da cavidade do útero; como a implantação não ocorreu, obviamente não há sinais de gravidez. A mortalidade anterior à implantação está comumente associada com anomalias cromossômicas. Dos embriões implantados, aproximadamente 20% não chega a completar cinco meses de desenvolvimento, com uma média de sobrevida de oito semanas. Na maioria dos casos, problemas graves que ocorrem nos primeiros estágios da embriogênese ou na formação da placenta constituem as causas responsáveis.

A mortalidade pré-natal tende a eliminar os fetos mais gravemente afetados. Aqueles com defeitos menores podem sobreviver completando uma gestação a termo ou nascendo prematuramente. **Malformações congênitas** são anomalias estruturais presentes ao nascimento, comprometendo os principais sistemas. A espinha bífida, a hidrocefalia, a anencefalia, a fenda palatina e a síndrome de Down estão entre as malformações congênitas mais comuns. A incidência de malformações congênitas ao nascimento atinge uma média de 6%, mas apenas 2% são consideradas graves. Desses problemas congênitos, apenas 10% podem ser atribuídos a fatores ambientais na ausência de anomalias cromossômicas ou fatores genéticos, incluindo uma história familiar de defeitos semelhantes ou relacionados.

A tecnologia médica continua a melhorar nossa capacidade de entender e manipular os processos anatômicos e fisiológicos. Atualmente, a análise genética dos pais em potencial pode fornecer uma estimativa a respeito da probabilidade da ocorrência de problemas específicos, porém os problemas em si permanecem fora do nosso controle. Apesar da melhor compreensão a respeito dos mecanismos genéticos envolvidos, provavelmente nunca seremos capazes de controlar todos os aspectos envolvidos no desenvolvimento, evitando abortos espontâneos e malformações congênitas. Como o desenvolvimento pré-natal envolve tantas fases complexas e interdependentes, disfunções de algum tipo são estatisticamente inevitáveis.

REVISÃO DOS CONCEITOS

1. Os espermatozóides depositados na vagina podem realizar a fertilização imediatamente? Explique.
2. Por que um grande número de espermatozóides precisa atingir o oócito secundário para que ocorra a fertilização?
3. Assim que o espermatozóide entra no ooplasma, o que ocorre com o oócito secundário?
4. Quais processos de desenvolvimento caracterizam o primeiro trimestre da gestação?

Veja a seção de Respostas na parte final do livro.

O primeiro trimestre

Ao final do primeiro trimestre (12ª semana do desenvolvimento), o feto mede aproximadamente 75 mm e pesa cerca de 14 g. Os eventos que ocorrem no primeiro trimestre são complexos, e este é o período de maior risco na vida pré-natal. Somente por volta de 40% das concepções geram embriões que sobrevivem ao primeiro trimestre. Por essa razão, cuidados especiais são recomendados às mulheres grávidas, evitando drogas ou episódios de estresse intenso durante este período, na expectativa de prevenir erros no processo de desenvolvimento em curso.

Vários eventos importantes e complexos ocorrem no primeiro trimestre de desenvolvimento. O Resumo de Embriologia apresentado no Capítulo 3 oferece uma visão geral de dois períodos seqüenciais de desenvolvimento durante o primeiro trimestre: (1) a formação dos tecidos e (2) o desenvolvimento do tecido epitelial e as origens do tecido conectivo. Cada um desses períodos de desenvolvimento apresenta características únicas que o leitor poderá revisar mais detalhadamente. ∞ págs. 79-81

Concentraremos nossa atenção em quatro processos gerais: *clivagem*, *implantação*, *placentação* e *embriogênese*.

1. A **clivagem** é uma seqüência de divisões celulares que tem início logo após a fertilização e termina ao primeiro contato do zigoto com a parede uterina. Durante este período, o zigoto torna-se um **pré-embrião** que evolui para um complexo multicelular conhecido como **blastocisto**. (A clivagem e a formação do blastocisto foram apresentadas no Resumo de Embriologia do Capítulo 3.) ∞ pág. 79
2. A **implantação** começa com a fixação do blastocisto ao endométrio e continua conforme o blastocisto adentra na parede uterina. Com o prosseguimento da implantação, muitos outros eventos importantes acontecem, preparando o ambiente para a formação de estruturas embrionárias vitais.
3. A **placentação** inicia-se com a formação dos vasos sangüíneos ao redor das margens do blastocisto. Esta é a primeira etapa na formação da **placenta**. A placenta liga o sistema materno ao embrionário; ela oferece suprimento respiratório e nutricional essenciais à continuidade do desenvolvimento pré-natal.

4. A **embriogênese** é a formação de um embrião viável. Este processo forma o corpo do embrião e seus órgãos internos.

Clivagem e formação do blastocisto [Figura 28.2]

A clivagem (Figura 28.2) é uma série de divisões celulares que subdivide o citoplasma do zigoto em células menores denominadas **blastômeros**. A primeira divisão da clivagem produz um pré-embrião com dois blastômeros idênticos e se completa aproximadamente 30 horas após a fertilização. As divisões de clivagem subseqüentes ocorrem em intervalos de 10 a 12 horas. Durante as divisões de clivagem iniciais, todos os blastômeros sofrem mitoses simultaneamente, mas, com o aumento do número de blastômeros, o intervalo de tempo entre as divisões torna-se menos previsível.

Neste estágio, o pré-embrião é uma esfera sólida de células, semelhante a uma amora. Esse estágio é denominado **mórula**. Após cinco dias de clivagem, os blastômeros formam uma esfera oca, o **blastocisto**, com uma cavidade interna denominada **blastocele**. Nesse estágio, é possível começar a observar diferenças entre as células do blastocisto. A camada externa de células, que separa a blastocele do ambiente externo, é denominada **trofoblasto** (massa celular externa). A função do trofoblasto está implícita em seu nome: *trophos*, alimento + *blasto*, precursor. Essas células

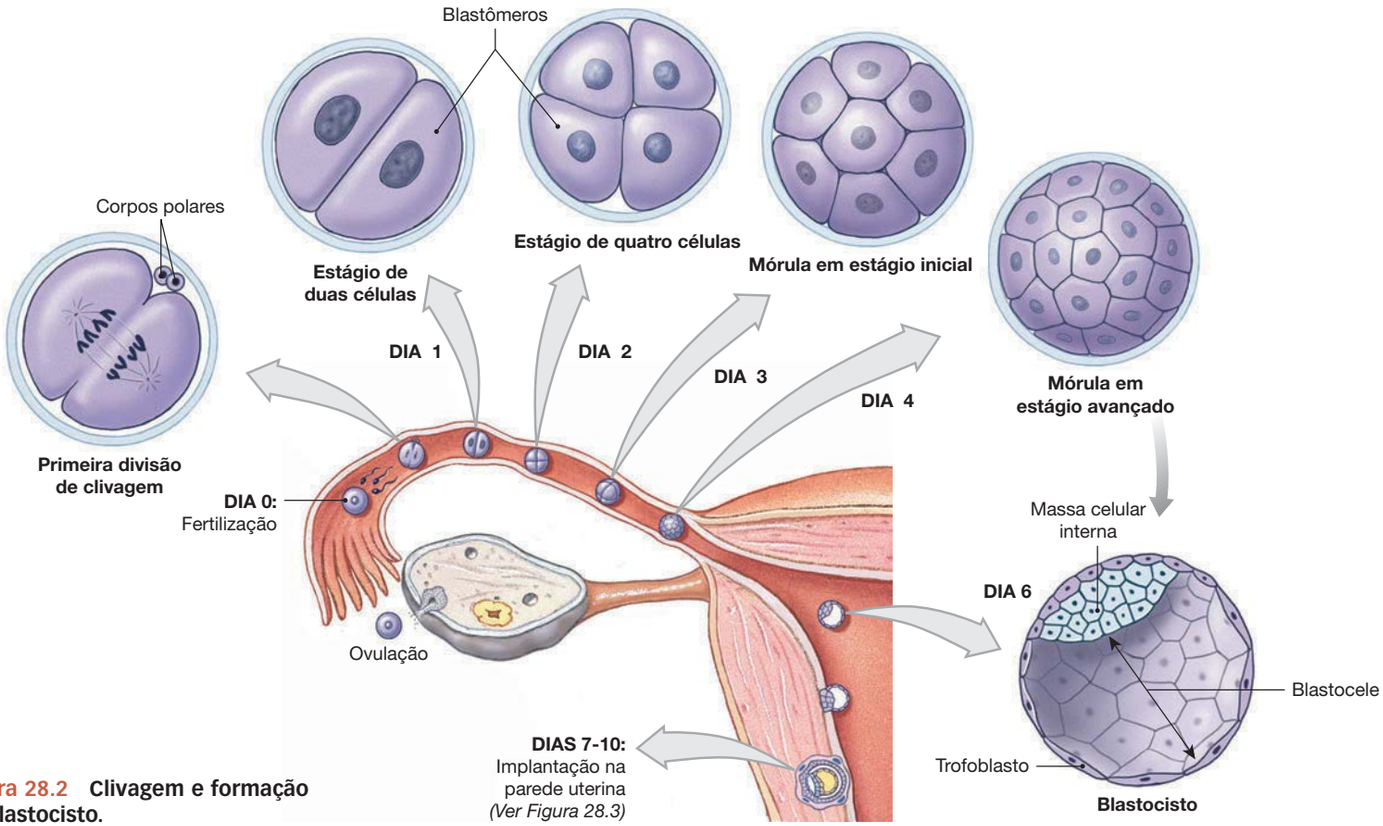


Figura 28.2 Clivagem e formação do blastocisto.

Nota clínica

Teratogênese e desenvolvimento anômalo **Teratógenos** são estímulos que interferem e desorganizam o desenvolvimento fetal normal danificando as células, alterando sua estrutura cromossômica ou prejudicando a indução normal. Pesticidas, herbicidas e muitas drogas prescritas, incluindo certos antibióticos, tranqüilizantes, sedativos, hormônios esteróides, diuréticos, anestésicos e analgésicos, podem produzir efeitos teratogênicos. As gestantes devem ler atentamente a bula antes de utilizar qualquer medicamento sem o aconselhamento de um médico. A maioria das ervas e substâncias "naturais" não foram testadas, e sua composição química pode variar dependendo da sua origem. Como os seus efeitos durante a gestação não são conhecidos, o uso dessas substâncias não deve ser considerado genericamente como sendo seguro durante a gravidez.

A **síndrome alcoólica fetal (SAF)** ocorre quando o consumo de álcool pela gestante produz defeitos de desenvolvimento no feto, como deformidades esqueléticas, defeitos cardiovasculares e distúrbios neurológicos. Os índices de mortalidade fetal podem atingir 17%, e os sobreviventes sofrem problemas no desenvolvimento posterior. Os casos mais graves envolvem mães cujo consumo de substâncias de conteúdo alcoólico atinge aproximadamente 200 g de destilados fortes, 10 cervejas ou duas garrafas de vinho por dia. Entretanto, como o efeito produzido está diretamente relacionado ao grau de exposição, não há um nível de consumo de álcool que possa ser considerado totalmente seguro. A síndrome alcoólica fetal é a primeira causa de retardo mental nos Estados Unidos, acometendo aproximadamente 7.500 crianças por ano.

O tabagismo é outro risco importante para o desenvolvimento fetal. Além de introduzir no organismo substâncias químicas potencialmente prejudiciais, como a nicotina, o tabagismo diminui a P_{O_2} do sangue materno e reduz a quantidade de oxigênio que chega à placenta. Um feto gerado por uma mãe fumante não crescerá tão rapidamente quanto um feto gerado por uma não-fumante, e o tabagismo aumenta o risco de abortos espontâneos, prematuridade e morte fetal. A mortalidade infantil pós-parto é também maior em neonatos de mães fumantes, e o desenvolvimento pós-natal pode ser igualmente prejudicado.

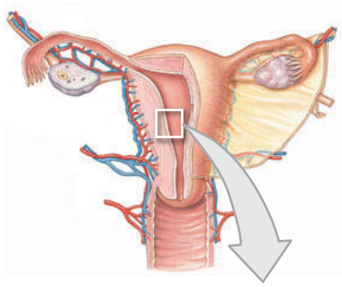
serão responsáveis pelo suprimento de alimento ao embrião em desenvolvimento. As células trofoblásticas são as únicas células do pré-embrião que fazem contato com a parede uterina. Um segundo grupo de células, a **massa celular interna (embrioblasto)**, situa-se como um aglomerado celular em um pólo do blastocisto. Essas células estão expostas à blastocele, mas ficam isoladas do contato com o ambiente externo pelo trofoblasto. As células da massa celular interna são as células-tronco responsáveis pela produção de todas as células e tipos celulares do corpo.

Implantação [Figura 28.3]

A partir do momento da fertilização, o zigoto leva quatro dias até atingir o útero. Ao atingir a cavidade do útero como uma mórula, ocorre a formação do blastocisto no decorrer dos próximos dois a três dias. Durante este período, as células estão absorvendo nutrientes do líquido no interior da cavidade do útero. Esse líquido, rico em glicogênio, é secretado pelas glândulas endometriais. Quando totalmente formado, o blastocisto entra em contato com o endométrio, geralmente no fundo ou no corpo do útero, e ocorre a implantação. Os estágios do processo de implantação estão ilustrados na Figura 28.3.

A implantação é iniciada quando a superfície do blastocisto mais próxima à massa celular interna toca e adere ao revestimento uterino (veja *Dia 7*, Figura 28.3). No ponto de contato, as células trofoblásticas dividem-se rapidamente, fazendo com que o trofoblasto desenvolva várias camadas, aumentando sua espessura. Nas proximidades da camada de endométrio, as membranas celulares que separam as células trofoblásticas desaparecem e forma-se uma camada de citoplasma contendo múltiplos núcleos (*Dia 8*). Essa parte específica da camada externa, denominada **sinciciotrofoblasto**, inicia um processo de escavação de um espaço no epitélio uterino, por meio da secreção da enzima *hialuronidase*. Essa enzima quebra o cimento intercelular das células epiteliais uterinas adjacentes, do mesmo modo como a hialuronidase liberada pelo espermatozóide dissolve as conexões entre as células da coroa radiada. Primeiramente, esta erosão cria uma fenda no revestimento uterino, porém a migração e as divisões das células epiteliais adjacentes rapidamente restauram a superfície. Quando a reparação está completa, o blastocisto perde o contato com a cavidade do útero e fica completamente alojado no interior do endométrio. A partir daí, o desenvolvimento ocorre inteiramente no interior da camada funcional do endométrio.

À medida que a implantação prossegue, o sinciciotrofoblasto continua a crescer e a se disseminar no interior do endométrio circundante (*Dia 9*). Este processo resulta na ruptura e na digestão enzimática das glândulas uterinas. Os nutrientes liberados são absorvidos pelo sinciciotrofoblasto e distribuídos por difusão através do **trofoblasto celular** subjacente para a massa celular interna. Esses nutrientes produzem a energia necessária para suprir o embrião durante os estágios iniciais de sua formação. Extensões trofoblásticas crescem ao redor dos vasos capilares endometriais e, com a destruição das paredes dos vasos capilares, o sangue materno começa a fluir através dos canais trofoblásticos, denominados **lacunas**. **Vilosidades primárias** digitiformes estendem-se para fora do trofoblasto, no interior do endométrio circundante; cada vilosidade primária consiste em uma extensão do sinciciotrofoblasto, com um núcleo de trofoblasto celular. Nos poucos dias que se seguem, o trofoblasto passa a destruir veias e artérias endometriais maiores, aumentando o fluxo sangüíneo através das lacunas trofoblásticas.



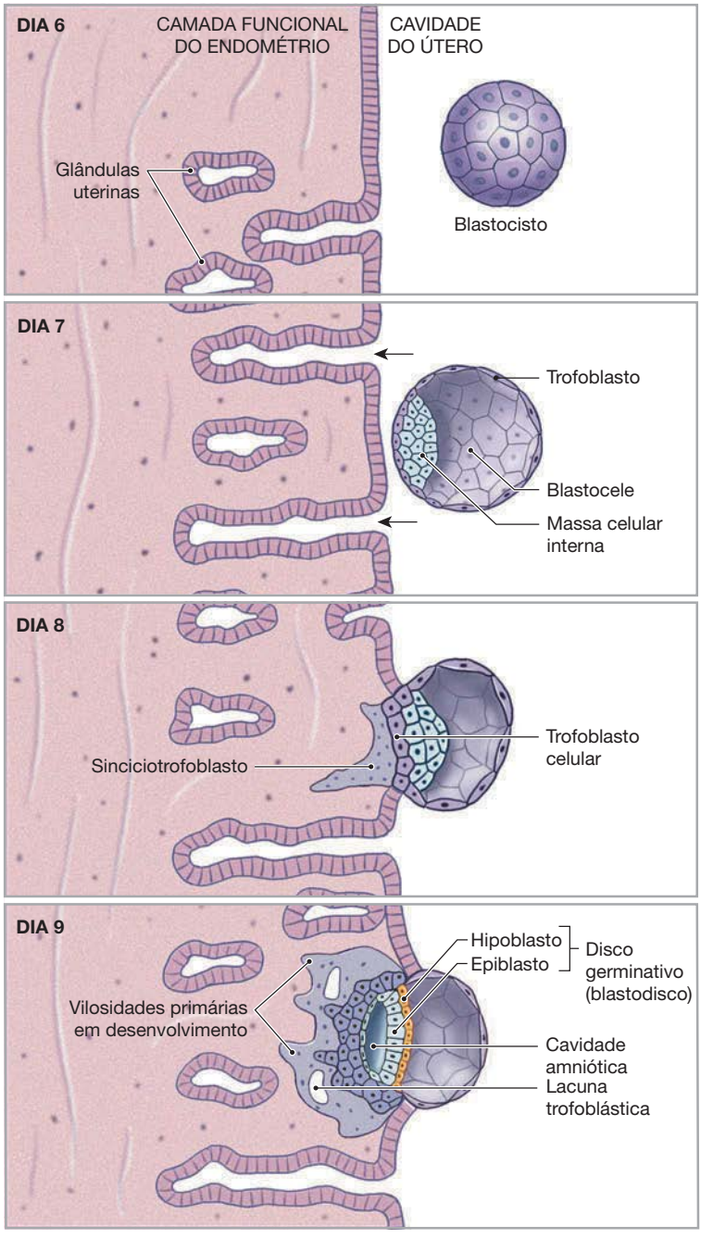
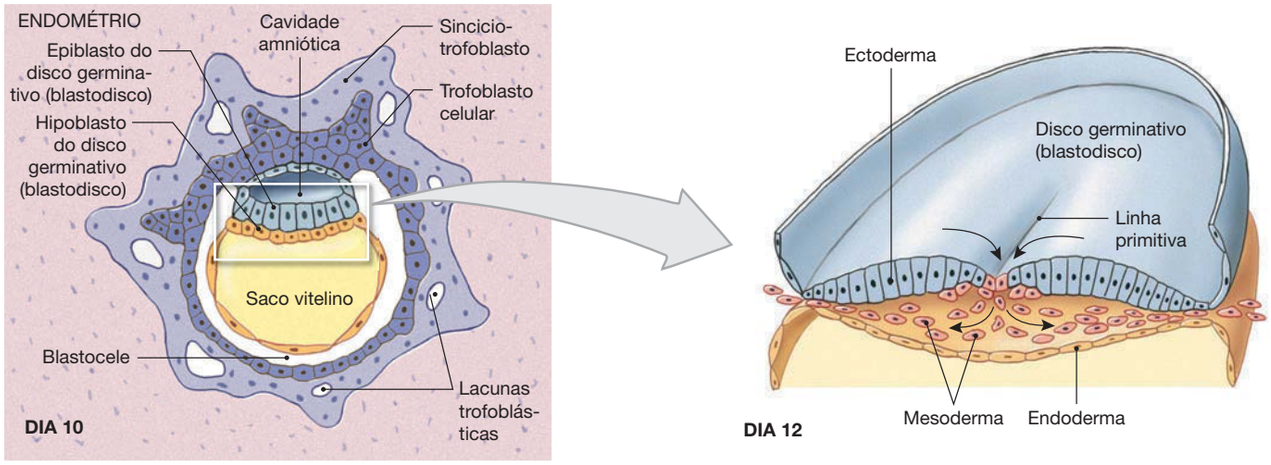


Figura 28.3 Estágios no processo de implantação.

A formação do disco germinativo (blastodisco) [Figuras 28.3/28.4] No estágio mais precoce do blastocisto, a massa celular interna apresenta organização pouco visível. Entretanto, na época da implantação, a massa celular interna já iniciou sua separação do trofoblasto. A separação aumenta gradualmente, criando uma câmara repleta de líquido, denominada **cavidade amniótica**. A cavidade amniótica pode ser vista *no Dia 9* da Figura 28.3; detalhes adicionais dos *Dias 10 a 12* são mostrados na Figura 28.4. Nesta fase, as células da massa celular interna estão organizadas em uma lâmina oval que apresenta duas camadas celulares de espessura total. Essa lâmina oval, denominada **disco germinativo (blastodisco)**, consiste inicialmente em duas camadas epiteliais (disco germinativo bilaminar): o **epiblasto**, voltado para a cavidade amniótica, e o **hipoblasto**, que está exposto aos conteúdos líquidos da blastocele.

A gastrulação e a formação da camada germinativa [Figura 28.4 e Tabela 28.1] Poucos dias depois, uma terceira camada começa a se formar



O disco germinativo (blastodisco) começa como duas camadas: o epiblasto, voltado para a cavidade amniótica, e o hipoblasto, voltado para a blastocele. A migração das células epiblásticas ao redor da cavidade amniótica é o primeiro passo na formação do âmnio. A migração das células hipoblásticas cria um saco que pende do blastodisco. Este é o primeiro passo na formação do saco vitelino.

A migração das células epiblásticas (seguir as setas) em direção à região entre o epiblasto e o hipoblasto forma, no disco germinativo bilaminar (blastodisco), uma terceira camada, constituindo o disco germinativo trilaminar. A partir do momento em que tem início este processo (gastrulação), o epiblasto é chamado de *ectoderma*, o hipoblasto, de *endoderma*, e as células migratórias, de *mesoderma*.

Figura 28.4 Organização do disco germinativo (blastodisco) e gastrulação.

por meio do processo de **gastrulação** (veja *Dia 12*, Figura 28.4). Durante a gastrulação, células em áreas específicas do epiblasto movimentam-se para o centro do disco germinativo bilaminar, em direção a uma linha conhecida como **linha primitiva**. Ao atingir a linha primitiva, as células migratórias deixam a superfície e se movem por entre o epiblasto e o hipoblasto. Este movimento cria três camadas embrionárias distintas, com finalidades marcadamente diferentes, constituindo o disco germinativo trilaminar. Uma vez iniciada a gastrulação, a camada que permanece em contato com a cavidade amniótica é denominada **ectoderma**, o hipoblasto é conhecido como **endoderma**, e a nova camada intermédia é o **mesoderma**. A formação do mesoderma e a finalidade do desenvolvimento dessas três **camadas germinativas** foram apresentadas em um Resumo de Embriologia no Capítulo 3. pág. 79 A Tabela 28.1 contém uma lista mais abrangente das contribuições de cada camada germinativa na formação dos sistemas do corpo.

Formação das membranas extra-embrionárias [Figura 28.5] Além de constituir as estruturas e os órgãos do corpo, as camadas germinativas também formam quatro estruturas que se estendem para fora do corpo do embrião. Essas estruturas, conhecidas como **membranas extra-embrionárias**, são (1) o *saco vitelino* (endoderma e mesoderma), (2) o *âmnio* (ectoderma e mesoderma), (3) a *alantóide* (endoderma e mesoderma) e (4) o *cório* (mesoderma e trofoblasto). Essas membranas garantem o desenvolvimento embrionário e fetal mediante a manutenção consistente de um ambiente estável e o fornecimento de acesso ao oxigênio e aos nutrientes transportados pela corrente sangüínea materna. Apesar de sua importância durante o desenvolvimento pré-natal, elas deixam poucos vestígios de sua existência nos sistemas adultos. A Figura 28.5 apresenta os estágios representativos no desenvolvimento das membranas extra-embrionárias.

O saco vitelino [Figuras 28.4/28.5] A primeira das membranas extra-embrionárias a aparecer é o **saco vitelino** (Figuras 28.4 e 28.5). O saco vitelino inicia-se como células hipoblásticas migratórias que se disseminam para fora, ao redor das margens externas da blastocele, para formar uma bolsa completa, suspensa inferiormente ao disco germinativo (blastodisco). Essa bolsa já pode ser vista após 10 dias da fertilização (Figura 28.4). Com o prosseguimento da gastrulação, as células do mesoderma migram ao redor

TABELA 28.1 Os destinos das camadas germinativas primárias

Contribuições do ectoderma

Tegumento comum: epiderme, folículos pilosos, unhas e glândulas que se comunicam com a pele (glândulas sudoríferas apócrinas e merócrinas, glândulas mamárias e glândulas sebáceas)
Sistema esquelético: cartilagem dos arcos faríngeos (branquiais) e seus derivados no adulto (parte do esfenóide, os ossículos da audição, o processo estilóide do temporal, os cornos e a margem superior do hióide)[1]
Sistema nervoso: todo o tecido neural, inclusive o encéfalo e a medula espinal
Sistema endócrino: hipófise e medula da glândula supra-renal
Sistema respiratório: epitélio da túnica mucosa de revestimento da cavidade nasal
Sistema digestório: túnica mucosa de revestimento da cavidade oral, parte inferior do canal anal, glândulas salivares

Contribuições do mesoderma

Tegumento comum: derme, exceto derivados da epiderme
Sistema esquelético: todos os componentes, exceto alguns derivados dos arcos faríngeos
Sistema muscular: todos os componentes
Sistema endócrino: córtex da glândula supra-renal e tecidos endócrinos do coração, dos rins e das gônadas
Sistema circulatório: todos os componentes, inclusive a medula óssea
Sistema linfático: todos os componentes
Sistema urinário: os rins, inclusive os néfrons e a parte inicial do sistema coletor
Sistema genital: as gônadas e as partes adjacentes do sistema de ductos
Diversos: revestimento das cavidades do corpo (torácica, pericárdica e peritoneal) e tecidos conectivos de sustentação de todos os sistemas de órgãos

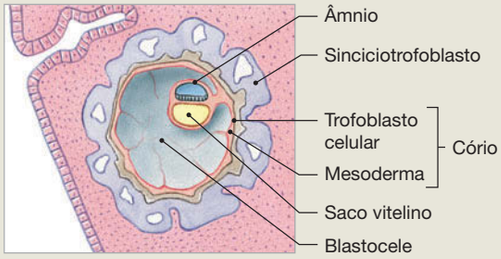
Contribuições do endoderma

Sistema endócrino: timo, glândula tireóide e pâncreas
Sistema respiratório: epitélio respiratório (exceto nas cavidades nasais) e glândulas mucosas associadas
Sistema digestório: epitélio da túnica mucosa de revestimento (exceto da cavidade oral e da parte inferior do canal anal); glândulas exócrinas (exceto glândulas salivares); fígado e pâncreas
Sistema urinário: bexiga urinária e partes distais do sistema de ductos
Sistema genital: partes distais do sistema de ductos; células-tronco que produzem gametas

[1]A crista neural tem origem ectodérmica e contribui para a formação do crânio e dos derivados esqueléticos dos arcos faríngeos embrionários.

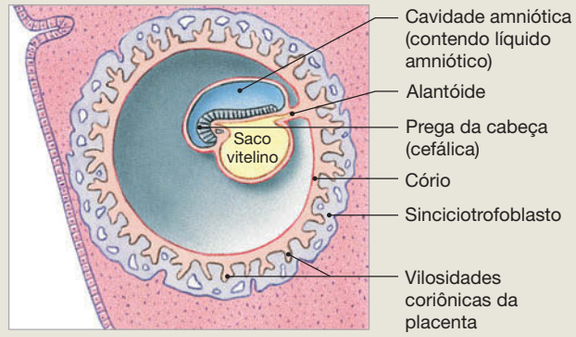
(a) 2ª SEMANA

A migração do mesoderma ao redor da superfície interna do trofoblasto forma o cório. A migração do mesoderma ao redor da superfície externa da cavidade amniótica, entre as células ectodérmicas e o trofoblasto, forma o âmnio. A migração do mesoderma ao redor da bolsa endodérmica forma o saco vitelino.



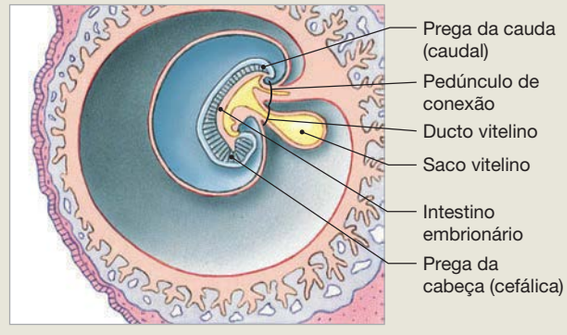
(b) 3ª SEMANA

O disco embrionário forma uma saliência na direção da cavidade amniótica na prega da cabeça (cefálica). A alantóide, uma extensão endodérmica circundada por mesoderma, se estende em direção ao trofoblasto.



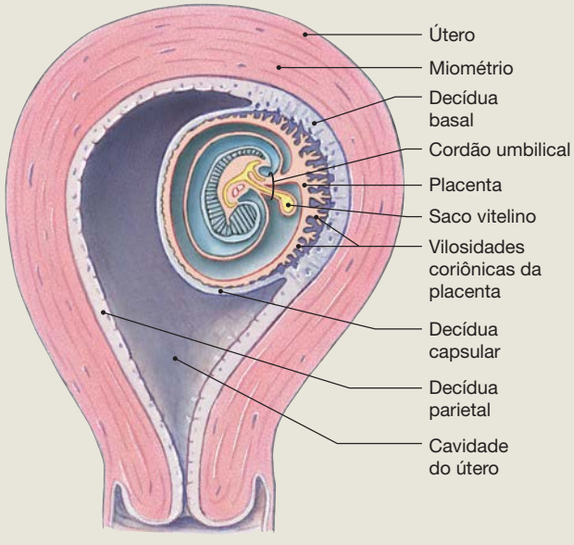
(c) 4ª SEMANA

O embrião agora apresenta uma prega da cabeça (cefálica) e uma prega da cauda (caudal). A constrição das conexões entre o embrião e o trofoblasto circundante estreita o ducto vitelino e o pedúnculo de conexão.



(d) 5ª SEMANA

O embrião em desenvolvimento e as membranas extra-embrionárias salientam-se na cavidade do útero. O trofoblasto faz pressão em direção à cavidade do útero e permanece recoberto pelo endométrio, porém não mais participa da absorção de nutrientes e da manutenção da vida do embrião. O embrião distancia-se da placenta, e o pedúnculo de conexão e o ducto vitelino se fundem para formar o cordão umbilical.



(e) 10ª SEMANA

O âmnio se expande intensamente, preenchendo a cavidade do útero. O feto está conectado à placenta por um cordão umbilical alongado, que contém uma porção da alantóide, vasos sangüíneos e os remanescentes do ducto vitelino.

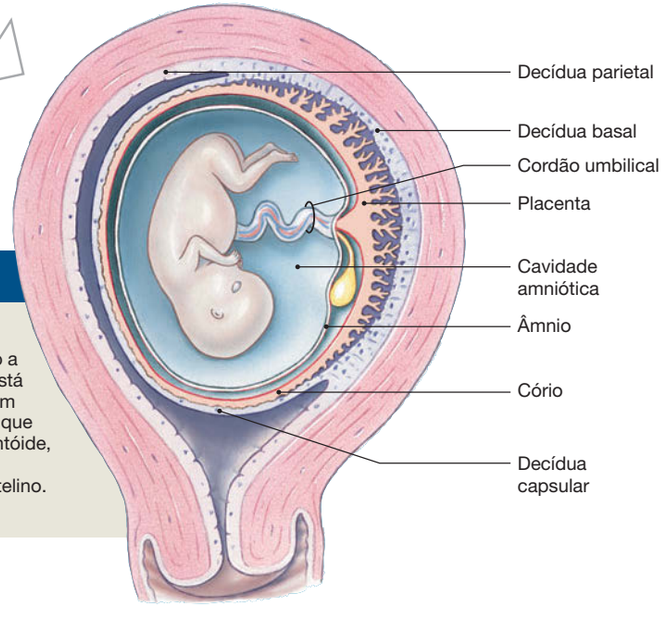


Figura 28.5 **As membranas extra-embrionárias e a formação da placenta.**

dessa bolsa e completam a formação do saco vitelino. Os vasos sangüíneos logo se desenvolvem no interior do mesoderma, e o saco vitelino torna-se um importante local de formação das primeiras células sangüíneas.

O âmnio [Figura 28.5a,b,e] A camada ectodérmica também sofre uma expansão, e células ectodérmicas se espalham sobre a superfície interna da cavidade amniótica. Em seguida, células mesodérmicas criam uma segunda camada mais externa. Esta combinação de ectoderma e mesoderma é o **âmnio** (Figura 28.5a,b). À medida que o embrião, e posteriormente o feto, cresce, estas membranas continuam a se expandir, aumentando o tamanho da cavidade amniótica. A cavidade amniótica contém o **líquido amniótico**, no qual o embrião ou o feto encontra-se imerso e protegido contra impactos mecânicos (Figura 28.5b,e).

A alantóide [Figura 28.5b] A terceira membrana extra-embrionária começa como uma bolsa externa de endoderma, situada nas proximidades da base do saco vitelino (Figura 28.5b). A extremidade livre de endoderma, então, cresce em direção à parede do blastocisto, envolvida por uma massa de células mesodérmicas. Este saco formado por mesoderma e por endoderma constitui a **alantóide**; posteriormente, sua base dá origem à bexiga urinária. A formação da alantóide e sua relação com a bexiga urinária estão ilustradas mais adiante neste capítulo, no Resumo de Embriologia: O Desenvolvimento do Sistema Urinário.

O cório [Figura 28.5a,b] O mesoderma associado à alantóide se dissemina até se estender completamente em torno do interior do trofoblasto, formando uma camada mesodérmica subjacente ao trofoblasto. Esta combinação do mesoderma com o trofoblasto é o **cório** (Figura 28.5a,b).

Logo que ocorre a implantação, os nutrientes absorvidos pelo trofoblasto podem facilmente atingir o disco germinativo (blastodisco) por simples difusão. Entretanto, quando o embrião e o complexo trofoblástico crescem, a distância entre os dois aumenta e a difusão torna-se insuficiente para acompanhar as demandas do embrião em desenvolvimento. O cório soluciona este problema porque o desenvolvimento de vasos sangüíneos no interior do mesoderma fornece um sistema de trânsito rápido, ligando o embrião ao trofoblasto. A circulação através destes vasos coriônicos passa a ocorrer no início da terceira semana do desenvolvimento, quando o coração começa a bater.

Placentação [Figura 28.5b,c,d,e]

O aparecimento dos vasos sangüíneos no cório é o primeiro passo na formação de uma placenta funcional. Na terceira semana do desenvolvimento (Figura 28.5b), o mesoderma se estende ao longo do centro de cada uma das vilosidades trofoblásticas, formando **vilosidades coriônicas** em contato com os tecidos maternos. Essas vilosidades continuam a aumentar e a se ramificar, formando uma intrincada rede no interior do endométrio. Os vasos sangüíneos maternos continuam a sofrer erosão, e o sangue materno lentamente infiltra-se através das lacunas revestidas pelo sinciciotrofoblasto. Ocorre, assim, a difusão entre o sangue materno, que flui através das lacunas, e o sangue fetal, que flui através dos vasos nas vilosidades coriônicas.

No início, o blastocisto inteiro é envolvido por vilosidades coriônicas. O cório continua a aumentar de tamanho, expandindo-se como um balão no interior do endométrio e, na quarta semana de desenvolvimento, o embrião, o âmnio e o saco vitelino encontram-se suspensos no interior de uma câmara em expansão preenchida por líquido (Figura 28.5c). A conexão entre o embrião e o cório, conhecida como **pedúnculo de conexão**, contém as porções distais da alantóide e vasos sangüíneos, transportando sangue em direção à placenta e a partir dela. A estreita conexão entre o endoderma do embrião e o saco vitelino é denominada **ducto vitelino**. A formação do pedúnculo de conexão e do ducto vitelino é ilustrada adiante neste capítulo, no Resumo de Embriologia: O Desenvolvimento do Sistema Digestório.

A placenta não continua a crescer indefinidamente. Diferenças regionais na organização placentária começam a se desenvolver à medida que a expansão placentária forma um abaulamento proeminente na superfície endometrial. A camada relativamente fina de endométrio que recobre o embrião e o separa da cavidade do útero é denominada **decídua capsular** (*deciduus*, que cai precocemente). Essa camada não mais participa da difusão de nutrientes, e as vilosidades coriônicas desaparecem nesta região (Figura 28.5d). As funções placentárias ficam agora concentradas em uma área em formato de disco, situada na camada mais profunda do endométrio, uma região denominada **decídua basal**. A parte restante do endométrio, que não faz contato com o cório, é denominada **decídua parietal**. Com a aproximação do final do primeiro trimestre, o feto se movimenta, afastando-se da placenta (Figura 28.5d,e), mas a ligação entre os dois permanece pelo **cordão umbilical**, ou *pedúnculo umbilical*, que contém a alantóide, vasos sangüíneos placentários e o ducto vitelino.

O feto em desenvolvimento depende totalmente dos sistemas de órgãos maternos para nutrição, respiração e eliminação de resíduos. Estas funções devem ser realizadas pelos sistemas maternos, além das já realizadas normalmente pelos referidos sistemas. Por exemplo, a mãe deve absorver oxigênio, nutrientes e vitaminas para si e para o feto, além de eliminar todos os resíduos gerados. Embora isso não seja uma sobrecarga nas semanas iniciais da gestação, a demanda sobre a mãe torna-se mais significativa nos trimestres seguintes, com o crescimento do feto. Em termos práticos, a mãe deve se alimentar, respirar e excretar por dois.

Circulação placentária [Figura 28.6] A Figura 28.6a esquematiza a circulação na placenta ao final do primeiro trimestre. O sangue flui do feto para a placenta através de duas **artérias umbilicais** e retorna ao feto por uma **veia umbilical**. As vilosidades coriônicas (Figura 28.6b) fornecem uma área de superfície para difusões ativas e passivas entre a corrente sangüínea materna e a fetal. Como foi observado no Capítulo 27, a placenta também sintetiza importantes hormônios que atuam tanto nos tecidos maternos quanto nos embrionários. ∞ pág. 739 A produção da gonadotrofina coriônica humana (GCH) começa poucos dias após a implantação; esta substância estimula o corpo lúteo a manter sua produção de progesterona durante os estágios iniciais da gravidez. Durante o segundo e o terceiro trimestres, a placenta também libera progesterona, estrógenos, lactogênio placentário humano (LPH) e relaxina. Estes hormônios são sintetizados e liberados na circulação materna pelo trofoblasto.

Embriogênese [Figuras 28.5b,c/28.7 e Tabela 28.2]

Logo após o início da gastrulação, o crescimento diferencial e as pregas formadas no disco embrionário produzem um abaulamento que se projeta na cavidade amniótica (Figura 28.5b). Esse abaulamento é conhecido como **prega da cabeça (cefálica)**; movimentos semelhantes levam à formação de uma **prega da cauda (caudal)** (Figura 28.5c). O **embrião** agora está separado do restante do disco germinativo (blastodisco) e das membranas extra-embrionárias tanto fisicamente quanto do ponto de vista do desenvolvimento. A orientação definitiva do embrião agora pode ser observada completamente, com as superfícies dorsal e ventral e os lados direito e esquerdo. Muitas destas mudanças de proporção e aspecto, que ocorrem entre a quarta semana de desenvolvimento e o final do primeiro trimestre, são observadas na Figura 28.7.

O primeiro trimestre é um período crítico para o desenvolvimento porque os eventos que ocorrem nas primeiras doze semanas estabelecem a base para a formação dos órgãos, um processo denominado **organogênese**. Importantes marcadores do desenvolvimento durante a organogênese, em cada sistema de órgãos, estão detalhados na Tabela 28.2.

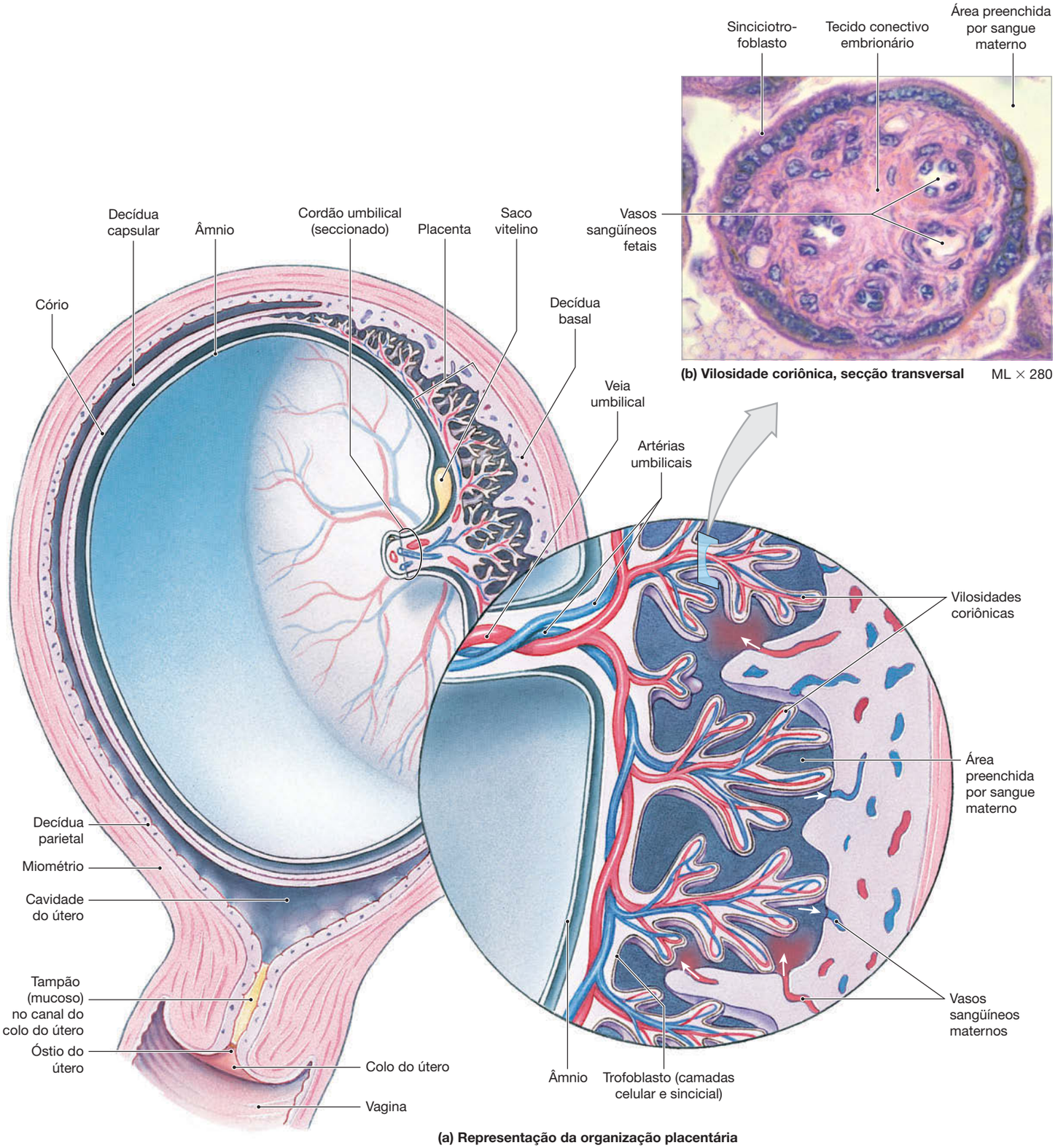


Figura 28.6 Uma visão tridimensional da estrutura placentária.

(a) Para maior clareza, o útero é mostrado após a remoção do embrião e a secção do cordão umbilical. O sangue flui para o interior da placenta através das artérias maternas rompidas e passa ao redor das vilosidades coriônicas, as quais contêm os vasos sangüíneos fetais. O sangue fetal chega através das duas artérias umbilicais e volta através da veia umbilical, única. O sangue materno entra novamente no sistema venoso da mãe através das paredes rompidas das pequenas veias uterinas. O fluxo sangüíneo materno é mostrado por meio de setas; note que não ocorre mistura entre o sangue materno e o fetal. **(b)** Histologia de uma vilosidade coriônica, secção transversal mostrando o sinciciotrofoblasto exposto ao espaço de sangue materno.

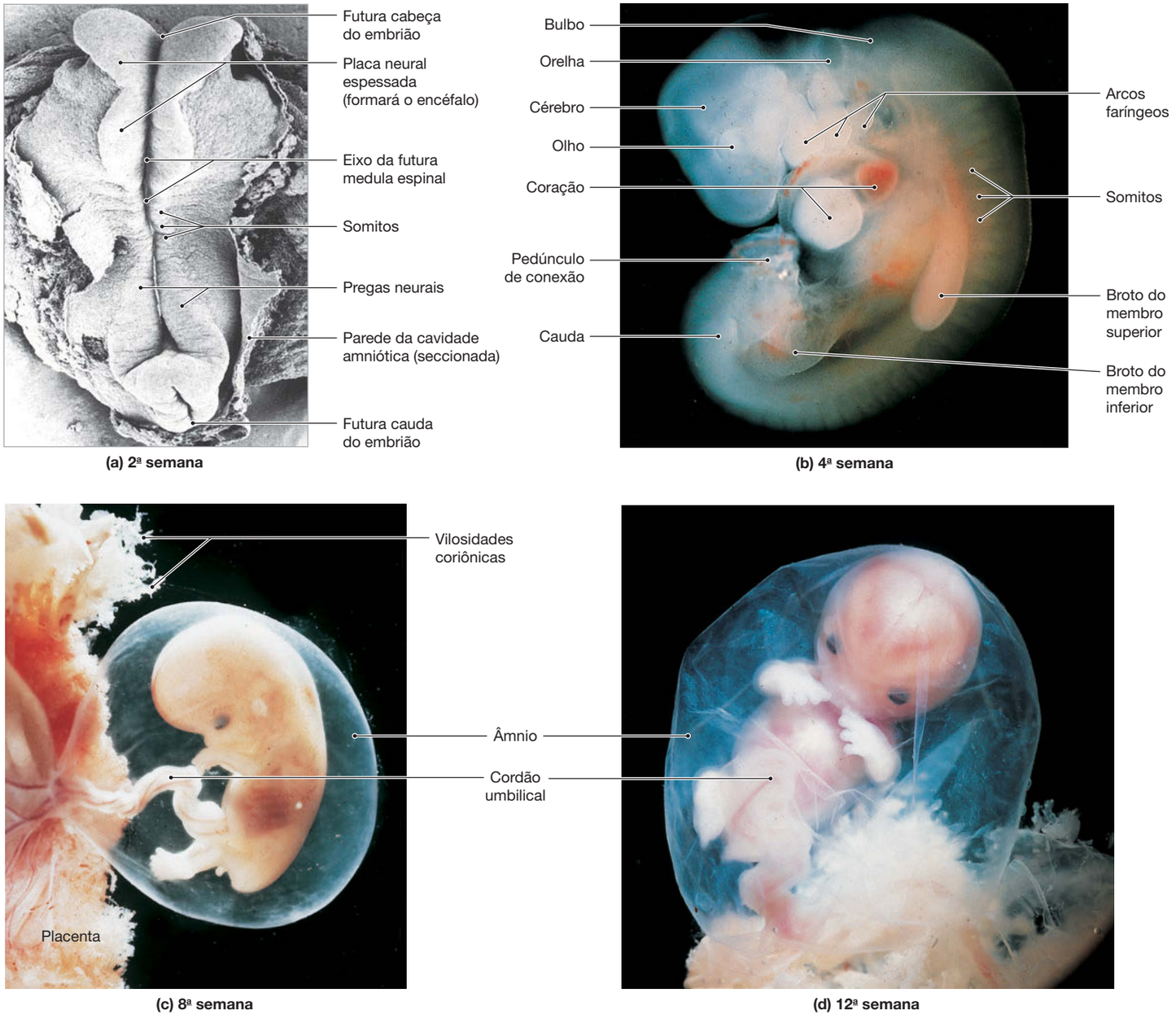


Figura 28.7 O primeiro trimestre.
(a) Uma MEV da superfície dorsal de um embrião de duas semanas; a neurulação (formação do tubo neural) está em andamento. **(b-d)** Desenvolvimento humano no primeiro trimestre visto por meio de um endoscópio de fibra óptica.

REVISÃO DOS CONCEITOS

1. Qual é a finalidade da massa celular interna do blastocisto?
2. Qual é a função do sinciciotrofoblasto?
3. Que sistemas têm origem na camada mesodérmica?
4. Quais são as funções da placenta?

Veja a seção de Respostas na parte final do livro.

O segundo e o terceiro trimestres

[Figuras 28.7d/28.8/28.9 e Tabela 28.2]

Ao final do primeiro trimestre (**Figura 28.7d**) estão formados os rudimentos de todos os principais sistemas de órgãos do corpo. Ao longo dos três meses seguintes, esses sistemas completarão seu desenvolvimento funcional e, no fim do segundo trimestre, o feto pesa ao redor de 0,64 kg. Durante o segundo trimestre, o feto envolvido pelo âmnio cresce mais rapidamente do que a placenta. Em pouco tempo, a camada externa do mesoderma que recobre o âmnio funde-se com o revestimento interno do cório. A **Figura 28.8** mostra um feto de quatro meses observado por meio de um endoscópio de fibra óptica e um feto de seis meses visto ao ultra-som.

Durante o terceiro trimestre, todos os sistemas de órgãos do feto tornam-se funcionais. A velocidade de crescimento começa a diminuir, mas, em termos absolutos, este é o trimestre em que se observa o maior ganho de peso. Em três meses o feto ganha cerca de 2,6 kg, atingindo o peso de nascimento de aproximadamente 3,2 kg. Eventos importantes no desenvolvimento dos sistemas de órgãos no segundo e terceiro trimestres estão descritos em detalhes no Resumo de Embriologia, no final deste capítulo, e os pontos principais encontram-se na Tabela 28.2.

TABELA 28.2 Uma visão geral do desenvolvimento pré-natal

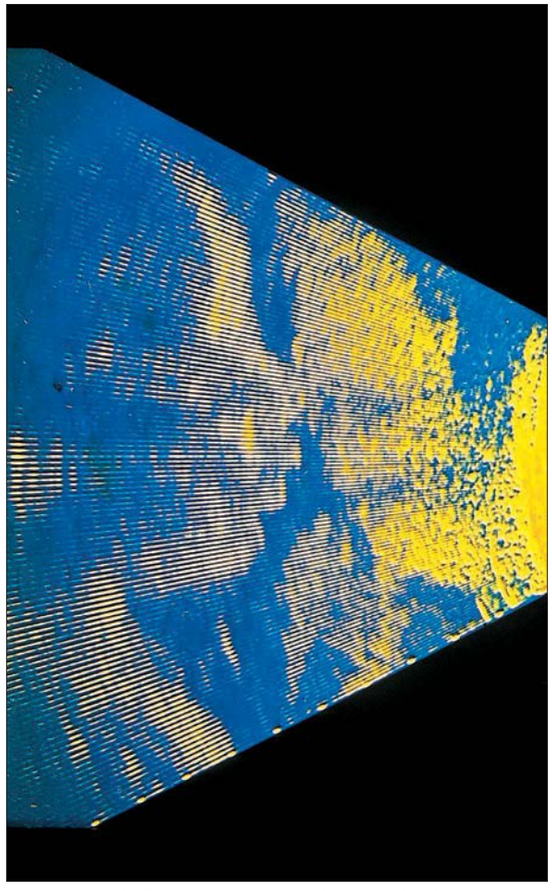
Material Básico no Capítulo 3:
A Formação dos Tecidos (pág. 79)
O Desenvolvimento dos Epitélios (pág. 80)
As Origens dos Tecidos Conectivos (pág. 81)
O Desenvolvimento dos Sistemas de Órgãos (págs. 82-83)

Idade gestacional (meses)	Tamanho e peso	Tegumento comum	Sistema esquelético	Sistema muscular	Sistema nervoso	Órgãos dos sentidos "especiais"(sensoriais)
1	5 mm 0,02 g		(i) Somitos	(i) Somitos	(i) Tubo neural	(i) Olho e orelha
2	28 mm 2,7 g	(i) Vales da unha (leitos ungueais), folículos pilosos e glândulas sudoríferas (sudoríparas)	(i) Cartilagens dos esqueletos apendicular e axial	(t) Rudimentos de musculatura axial	(i) Organização das partes central (SNC) e periférica (SNP) do sistema nervoso, crescimento do cérebro	(i) Calículos gustatórios, epitélio olfatório
3	78 mm 26 g	(i) Aparecimento das camadas epidérmicas	(i) Disseminação dos centros de ossificação	(t) Rudimentos de musculatura apendicular	(t) Estrutura básica do encéfalo e da medula espinal	
4	133 mm 150 g	(i) Pêlos e glândulas sebáceas (t) Glândulas sudoríferas	(i) Articulações (t) Organização da face e do palato ósseo	Início da movimentação do feto	(i) Rápida expansão do cérebro	(t) Estrutura básica do olho e da orelha (i) Receptores periféricos
5	185 mm 460 g	(i) Produção de queratina e de unhas			(i) Mielinização da medula espinal	
6	230 mm 823 g			(t) Músculos do períneo	(i) Tratos da parte central do sistema nervoso (SNC) (t) Estratificação do córtex cerebral	
7	270 mm 1.492 g	(i) Queratinização, unhas e pêlos				(t) Pálpebras se abrem, retina sensível à luz
8	310 mm 2.274 g		(i) Cartilagens epifisiais			(t) Receptores gustatórios funcionais
9	346 mm 2.912 g					
Desenvolvimento pós-natal		Modificação dos pêlos em consistência e distribuição	Continuação da formação e do crescimento das cartilagens epifisiais	Aumento da massa e do controle muscular	Continuação da mielinização, estratificação e formação dos tratos do SNC	
Resumos de Embriologia por Sistema		O desenvolvimento do tegumento comum (págs. 764-765)	O desenvolvimento do crânio (págs. 766-767) O desenvolvimento da coluna vertebral (págs. 768-769) O desenvolvimento do esqueleto apendicular (págs. 770-771)	O desenvolvimento dos músculos (págs. 772-773)	Introdução ao desenvolvimento do sistema nervoso (pág. 774) O desenvolvimento da medula espinal e dos nervos espinais (págs. 775-776) O desenvolvimento do encéfalo e dos nervos cranianos (págs. 777-778)	O desenvolvimento dos órgãos dos sentidos "especiais" (págs. 779-780)

Nota: (i) início da formação; (t) término da formação.

Sistema endócrino	Sistemas circulatório e linfático	Sistema respiratório	Sistema digestório	Sistema urinário	Sistema genital
	(i) Batimentos cardíacos	(i) Traquéia e pulmões	(i) Trato gastrintestinal, fígado e pâncreas (t) Saco vitelino	(t) Alantóide	
(i) Timo, glândula tireóide, hipófise e glândula supra-renal	(t) Estrutura básica do coração, grandes vasos sangüíneos, linfonodos e ductos linfáticos (i) Formação de sangue no fígado	(i) Extensa ramificação bronquial no mediastino (t) Diafragma	(i) Partes do trato gastrintestinal, vilosidades e glândulas salivares	(i) Rins (forma adulta)	(i) Glândulas mamárias
(t) Timo e glândula tireóide	(i) Tonsilas, formação de sangue na medula óssea		(t) Vesícula biliar e pâncreas		(i) Gônadas, ductos e órgãos genitais externos definitivos
	(i) Migração de linfócitos para os órgãos linfáticos, formação de sangue no baço			(i) Degeneração dos rins embrionários	
	(t) Tonsilas	(t) Narinas abertas	(t) Partes do trato gastrintestinal		
(t) Glândula supra-renal	(t) Baço, fígado e medula óssea	(i) Alvéolos pulmonares	(t) Organização epitelial e glândulas		
(t) Hipófise			(t) Pregas intestinais		(i) Descenso dos testículos
		Ramificação pulmonar e formação alveolar completas		Formação completa dos néfrons ao nascimento	Completa-se o descenso dos testículos próximo ao nascimento ou ao nascimento
	Modificações cardiovasculares ao nascimento; o sistema linfático aos poucos torna-se plenamente operacional				
O desenvolvimento do sistema endócrino (págs. 781-782)	O desenvolvimento do coração (pág. 783) O desenvolvimento do sistema circulatório (págs. 784-785) O desenvolvimento do sistema linfático (pág. 786)	O desenvolvimento do sistema respiratório (págs. 787-788)	O desenvolvimento do sistema digestório (págs. 789-790)	O desenvolvimento do sistema urinário (págs. 791-792)	O desenvolvimento do sistema genital (págs. 793-795)

(a) Feto de quatro meses (imagem endoscópica)



(b) Feto de seis meses (imagem de ultra-som)

Figura 28.8 O segundo e o terceiro trimestres.
(a) Um feto de quatro meses visto por meio de um endoscópio de fibra óptica. **(b)** Cabeça de um feto de seis meses vista ao ultra-som.

Ao final da gestação, um útero típico terá passado por um intenso crescimento; seu comprimento passará de 7,5 cm para até 30 cm e conterá praticamente 5 litros de líquido. O útero e seu conteúdo pesam aproximadamente 10 kg. Esta notável expansão ocorre pelo aumento do tamanho e pelo alongamento das fibras musculares lisas existentes. A Figura 28.9 mostra a posição do útero, do feto e da placenta desde a 16ª semana até o *termo* (nove meses). Em uma gravidez a termo, o útero e o feto comprimem muitos dos órgãos abdominais e os deslocam de suas posições normais (Figura 28.9c).

Trabalho de parto

O objetivo do trabalho de parto é a expulsão do feto, um processo conhecido como **parto**, parturição ou nascimento. O trabalho de parto é desencadeado pela combinação do aumento dos níveis de oxitocina e do aumento da sensibilidade do útero a esta substância. Esta combinação estimula as *contrações do parto* no miométrio. Durante o *trabalho de parto verdadeiro*, em oposição aos espasmos uterinos ocasionais do *trabalho de parto falso*, cada contração inicia-se nas proximidades do fundo do útero e dissemina-se em uma onda em direção ao colo do útero. Essas contrações são fortes e ocorrem a intervalos regulares. Conforme o parto se aproxima, as contrações aumentam em força e freqüência, mudando a posição do feto e movendo-o em direção à vagina.

Fases do trabalho de parto [Figura 28.10]

O trabalho de parto é geralmente dividido em três fases (Figura 28.10): a *fase de dilatação*, a *fase de expulsão* e a *fase placentária*.

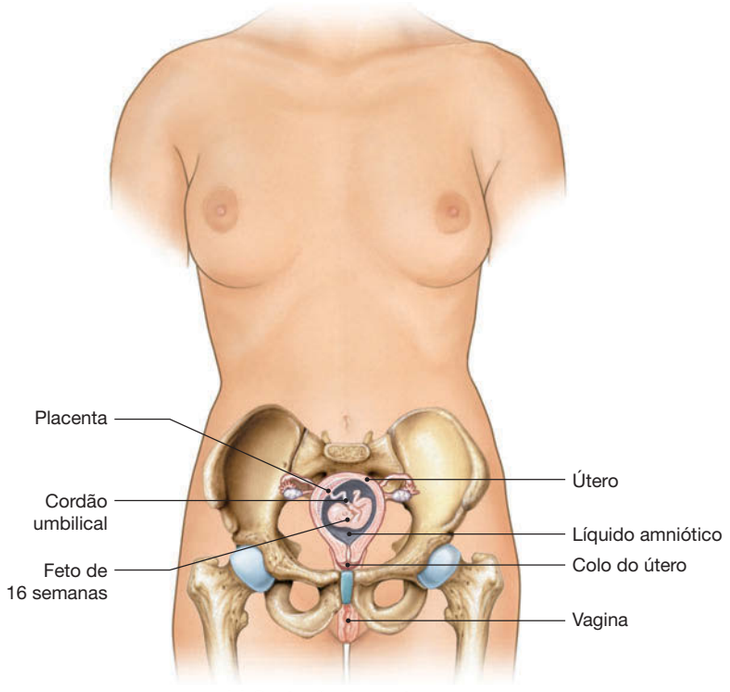
A fase de dilatação [Figura 28.10a]

A **fase de dilatação** (Figura 28.10a) tem início com o começo do trabalho de parto verdadeiro, enquanto o colo do útero se dilata e o feto começa a se mover para baixo em direção ao óstio do útero. Essa fase tipicamente dura oito horas ou mais, mas durante este período as contrações do parto ocorrem a intervalos de 10 a 30 minutos. Ao final deste processo, geralmente o âmnio se rompe, evento este muitas vezes referido como o "rompimento da bolsa de água".

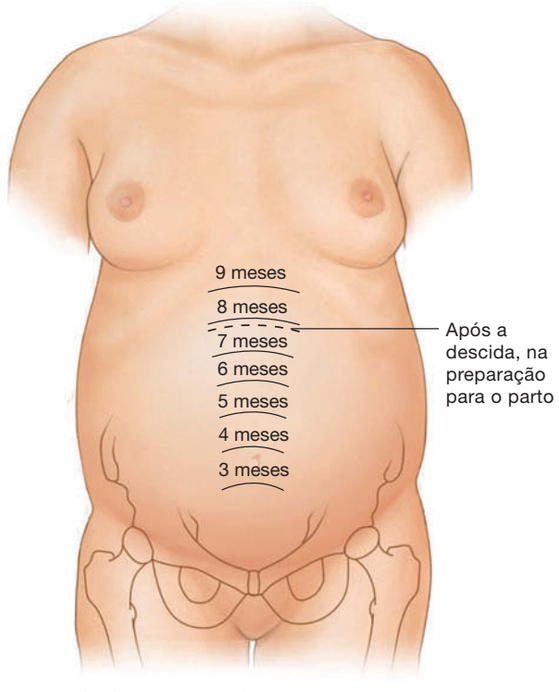
A fase de expulsão [Figura 28.10b]

A **fase de expulsão** (Figura 28.10b) começa quando o colo do útero se dilata completamente, pressionado e aberto pela aproximação do feto. A expulsão continua até que o feto tenha completado sua passagem pela vagina, um período que geralmente dura menos de duas horas. A chegada do recém-nascido ao ambiente externo representa o nascimento, ou **parto**.

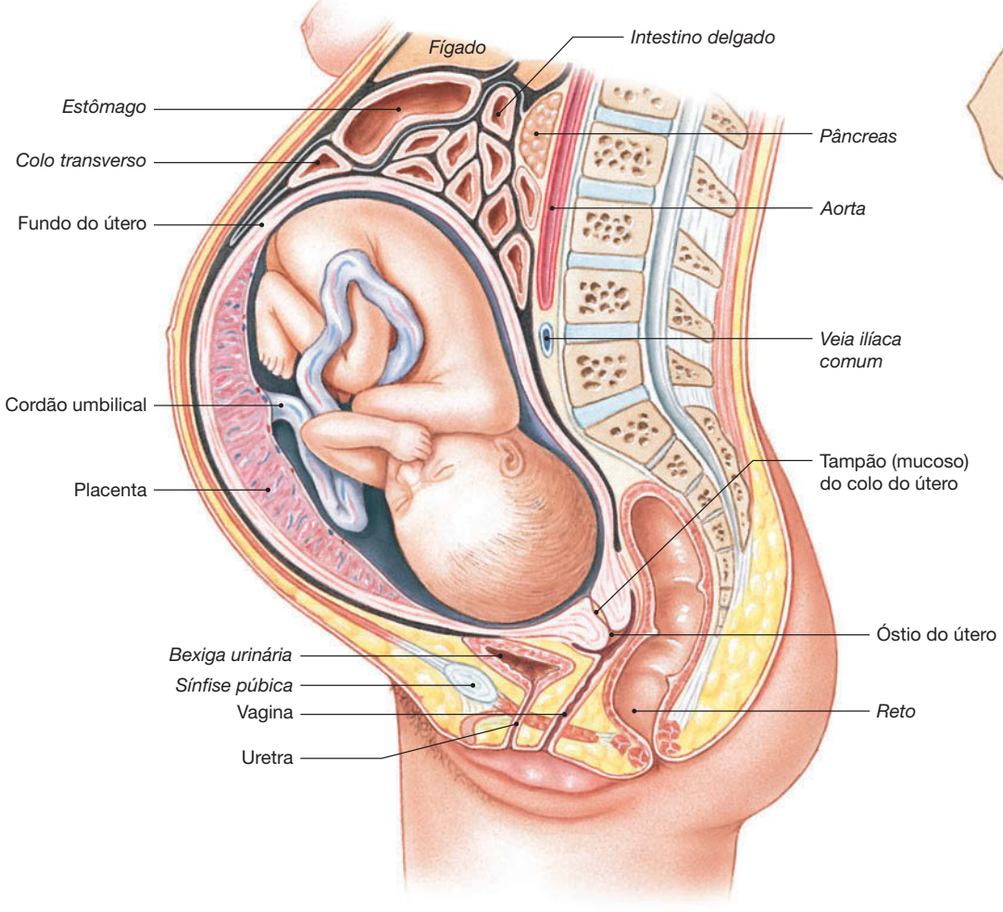
Se a cavidade da vagina é muito estreita para permitir a passagem do feto e existe risco iminente de laceração do períneo, a abertura pode ser alargada temporariamente por meio de uma incisão na musculatura do períneo. Após o parto, esta **episiotomia** pode ser reparada com suturas,



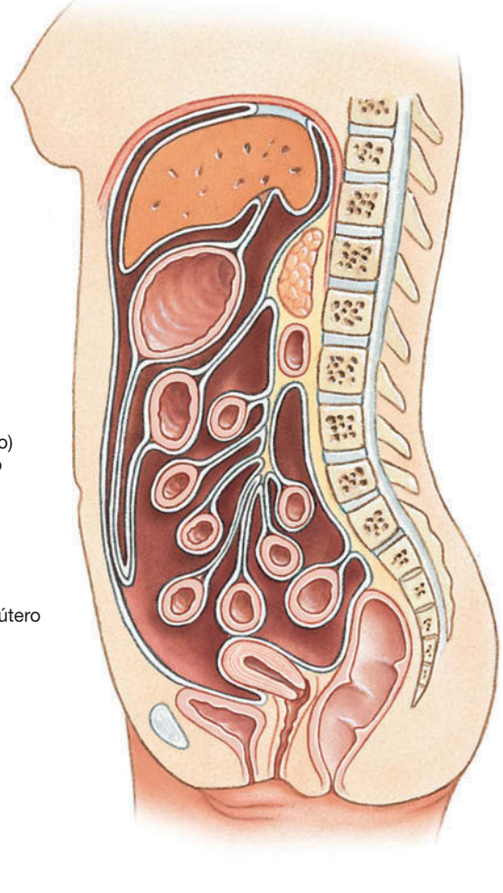
(a) Gestação de quatro meses



(b) Gestação de três a nove meses



(c) Gestante a termo (feto a termo)



(d) Não-gestante

Figura 28.9 O crescimento do útero e do feto.
(a) Gravidez aos quatro meses (16 semanas), mostrando as posições do útero, do feto e da placenta. **(b)** Mudanças no tamanho do útero durante o segundo e o terceiro trimestres. **(c)** Gestação a termo. Note a posição do útero e do feto e o deslocamento dos órgãos abdominais em relação à imagem em (d). **(d)** Posição e orientação dos órgãos em uma não-gestante.

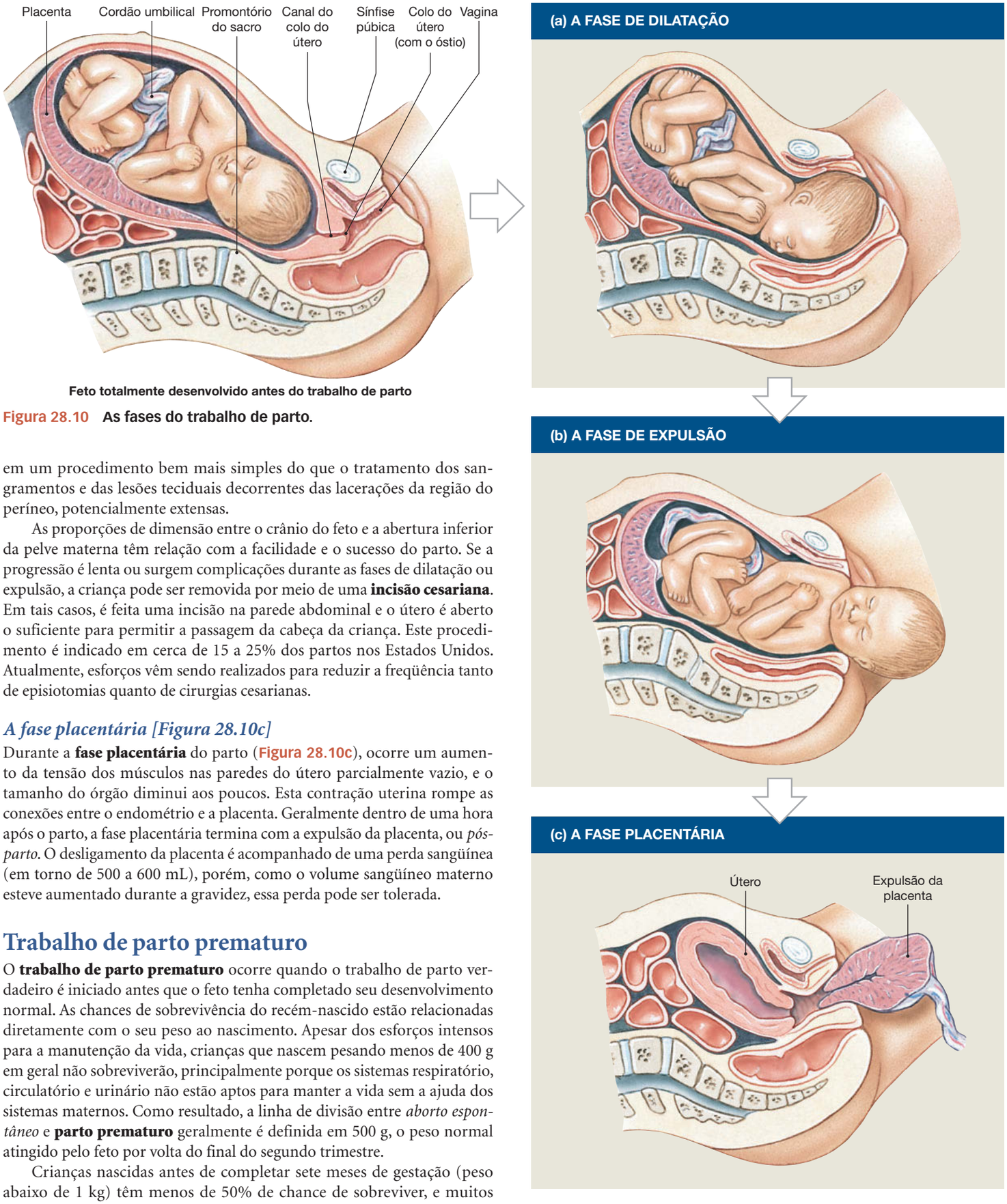


Figura 28.10 **As fases do trabalho de parto.**

em um procedimento bem mais simples do que o tratamento dos sangramentos e das lesões teciduais decorrentes das lacerações da região do períneo, potencialmente extensas.

As proporções de dimensão entre o crânio do feto e a abertura inferior da pelve materna têm relação com a facilidade e o sucesso do parto. Se a progressão é lenta ou surgem complicações durante as fases de dilatação ou expulsão, a criança pode ser removida por meio de uma **incisão cesariana**. Em tais casos, é feita uma incisão na parede abdominal e o útero é aberto o suficiente para permitir a passagem da cabeça da criança. Este procedimento é indicado em cerca de 15 a 25% dos partos nos Estados Unidos. Atualmente, esforços vêm sendo realizados para reduzir a freqüência tanto de episiotomias quanto de cirurgias cesarianas.

A fase placentária [Figura 28.10c]

Durante a **fase placentária** do parto (Figura 28.10c), ocorre um aumento da tensão dos músculos nas paredes do útero parcialmente vazio, e o tamanho do órgão diminui aos poucos. Esta contração uterina rompe as conexões entre o endométrio e a placenta. Geralmente dentro de uma hora após o parto, a fase placentária termina com a expulsão da placenta, ou *pós-parto*. O desligamento da placenta é acompanhado de uma perda sangüínea (em torno de 500 a 600 mL), porém, como o volume sangüíneo materno esteve aumentado durante a gravidez, essa perda pode ser tolerada.

Trabalho de parto prematuro

O **trabalho de parto prematuro** ocorre quando o trabalho de parto verdadeiro é iniciado antes que o feto tenha completado seu desenvolvimento normal. As chances de sobrevivência do recém-nascido estão relacionadas diretamente com o seu peso ao nascimento. Apesar dos esforços intensos para a manutenção da vida, crianças que nascem pesando menos de 400 g em geral não sobreviverão, principalmente porque os sistemas respiratório, circulatório e urinário não estão aptos para manter a vida sem a ajuda dos sistemas maternos. Como resultado, a linha de divisão entre *aborto espontâneo* e **parto prematuro** geralmente é definida em 500 g, o peso normal atingido pelo feto por volta do final do segundo trimestre.

Crianças nascidas antes de completar sete meses de gestação (peso abaixo de 1 kg) têm menos de 50% de chance de sobreviver, e muitos

Nota clínica

Partos a fórceps e de apresentação pélvica (partos "de nádegas") Na maioria das gestações, ao final da gravidez, o feto posiciona-se no interior do útero de modo que seu trajeto pelo canal do parto é iniciado pela cabeça, sendo que a face está voltada para o sacro da mãe. Em aproximadamente 6% dos partos, o feto está com a face voltada para o púbis da mãe. Estes fetos podem nascer normalmente, dado o tempo suficiente, mas os riscos para a criança e para a mãe são reduzidos pelo *parto por fórceps*. Os fórceps são instrumentos semelhantes a "pegadores-de-salada", grandes e curvos, que podem ser introduzidos separadamente na cavidade da vagina, um lado de cada vez. Uma vez posicionados, eles são unidos e utilizados para segurar a cabeça do feto. Uma força de tração intermitente é aplicada, de tal modo que as forças exercidas na cabeça do feto se assemelhem àquelas do parto normal.

Em 3 a 4% dos partos, os membros inferiores ou as nádegas do feto são as primeiras estruturas a atingirem a cavidade da vagina. Tais partos são conhecidos como **partos de apresentação pélvica.** Os riscos para a criança são relativamente altos nos partos de apresentação pélvica, porque o cordão umbilical pode ser comprimido e a circulação placentária interrompida. Como normalmente a cabeça é a parte mais larga do feto, o colo do útero pode se dilatar o suficiente para permitir a passagem dos membros inferiores e do restante do corpo, mas não da cabeça. O aprisionamento da cabeça do feto comprime o cordão umbilical, prolonga o parto e expõe o feto a intenso estresse e a riscos de lesão. Se não for possível o reposicionamento manual do feto, o parto por cesariana geralmente é realizado.

sobreviventes sofrem de graves anormalidades no desenvolvimento. Um **parto prematuro** gera um recém-nascido com peso superior a 1 kg, e suas chances de sobrevivência atingem níveis que podem ser satisfatórios ou excelentes, dependendo das circunstâncias individuais.

O período neonatal

O processo de desenvolvimento não cessa após o nascimento, pois o recém-nascido apresenta poucas das características anatômicas ou fisiológicas do adulto. O **período neonatal** se estende desde o nascimento até um mês de vida extra-uterina. Diversas alterações fisiológicas e anatômicas ocorrem até que o feto complete a transição para o estado de recém-nascido, ou **neonato**. Antes do nascimento, a difusão de gases dissolvidos, nutrientes, produtos residuais, hormônios e imunoglobulinas ocorriam por meio da interface placentária. Ao nascer, o recém-nascido precisa tornar-se relativamente auto-suficiente, realizando por seus próprios órgãos e sistemas especializados os processos de respiração, digestão e excreção. A transição do estado de feto para o de neonato pode ser resumida conforme se segue:

1. Ao nascimento, os pulmões estão colabados e repletos de líquido; preenchê-los de ar exige uma inspiração poderosa e intensa.
2. Quando os pulmões se expandem, o padrão da circulação é modificado em função de alterações na pressão sangüínea e nas velocidades do fluxo sangüíneo. O ducto arterial se fecha, isolando o tronco pulmonar do sistêmico (aorta), e o fechamento do forame oval isola o átrio direito do esquerdo, completando a separação das circulações pulmonar e sistêmica. Estas modificações cardiovasculares foram discutidas nos Capítulos 21 e 22.
3. A freqüência cardíaca de 120 a 140 batimentos por minuto e a freqüência respiratória de 30 respirações por minuto são normais em neonatos e consideravelmente mais altas do que as dos adultos.
4. Antes do nascimento, o sistema digestório permanece relativamente inativo, embora ele possa acumular uma mistura de secreção biliar, muco e células epiteliais. Esta coleção de resíduos é excretada nos primeiros dias de vida. Neste período, a criança recém-nascida começa a se alimentar.
5. Com o acúmulo de produtos residuais no sangue arterial, sua filtração nos rins passa a produzir urina. A filtração glomerular é normal, mas a urina não pode ficar concentrada em grau significativo. Como resultado, as perdas de água pela urina são altas, e a necessidade de reposição de líquidos no período neonatal é muito maior do que a dos adultos.

Nota clínica

A avaliação do recém-nascido Cada recém-nascido é minuciosamente examinado após o nascimento. O procedimento verifica a presença de anomalias anatômicas e fisiológicas e também oferece informações básicas, úteis para o acompanhamento do desenvolvimento pós-natal. Além da aparência geral, o pulso, a freqüência respiratória, o peso, o comprimento e outras dimensões físicas são registrados. Os recém-nascidos são também submetidos à triagem para detecção de alterações metabólicas e genéticas, como a *fenilcetonúria (FCU)* ou o *hipotireoidismo* congênito.

O **índice de Apgar** considera a freqüência cardíaca, a freqüência respiratória, o tono muscular, a resposta à estimulação e a coloração da pele no primeiro e no quinto minutos após o nascimento. Em cada categoria a criança recebe uma pontuação que varia de 0 (ruim) a 2 (excelente), e as pontuações são somadas. A escala utilizada no índice de Apgar (0-10) tem sido considerada como um acurado fator de prognóstico para a sobrevivência de recém-nascidos e para a detecção da presença de lesão neurológica. Por exemplo, recém-nascidos portadores de *paralisia cerebral* apresentam um baixo índice de Apgar.

6. O neonato possui uma capacidade restrita de controle da temperatura do corpo, principalmente nos primeiros dias após o nascimento. Conforme a criança cresce e a espessura de seu revestimento de isolamento adiposo subcutâneo aumenta, sua taxa metabólica também aumenta. As alterações de temperatura do corpo ocorrem diariamente e mesmo em intervalos de horas, continuando-se ao longo da infância.

REVISÃO DOS CONCEITOS

1. Que alterações embrionárias são observadas no segundo trimestre?
2. Qual é a fase mais lenta do trabalho de parto?
3. Por que um recém-nascido necessita repor líquidos em quantidades relativamente superiores em relação aos adultos?
4. O que desencadeia a expulsão da placenta?

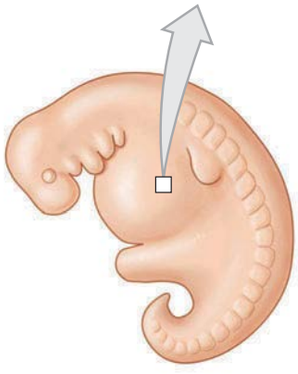
Veja a seção de Respostas na parte final do livro.

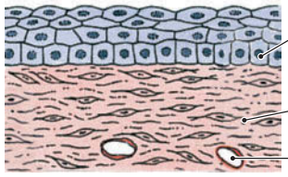
A próxima parte deste capítulo resume aspectos importantes do desenvolvimento embrionário de cada um dos sistemas de órgãos. A Tabela 28.2, nas páginas 758 a 759, apresenta uma visão geral dos principais referenciais de desenvolvimento que ocorrem a cada trimestre.

O desenvolvimento do tegumento comum

1 MÊS

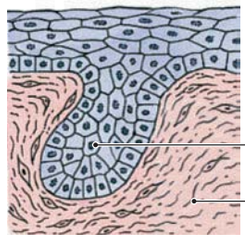
No início do segundo mês, o ectoderma superficial é um epitélio simples, revestindo o mesênquima frouxamente organizado.





3 MESES

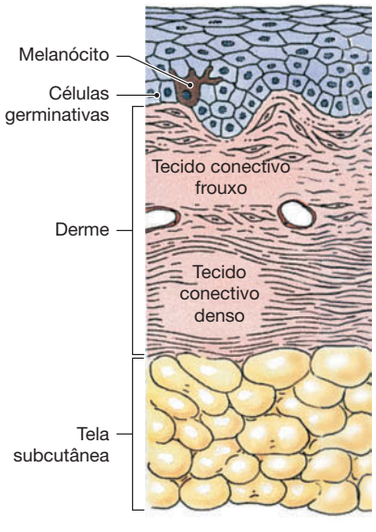
Nas próximas semanas, o epitélio torna-se estratificado por meio de repetidas divisões das *células basais* ou *germinativas*. O mesênquima subjacente se diferencia em tecido conectivo embrionário, contendo vasos sangüíneos que transportam nutrientes para a região.



4 MESES

Durante o terceiro e o quarto meses, pequenas áreas de epiderme sofrem intenso processo de divisão e formam cordões de células que crescem no interior da derme. São as **colunas epiteliais**. As células mesenquimais envolvem as colunas à medida que se estendem cada vez mais profundamente no interior da derme. Folículos pilosos, glândulas sebáceas e glândulas sudoríferas desenvolvem-se a partir dessas colunas.

PELE

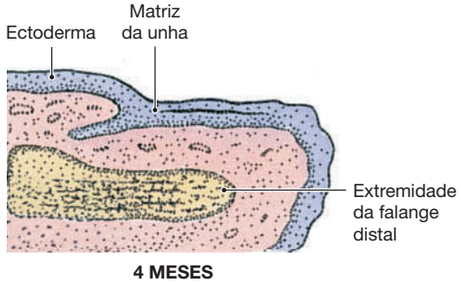


4 MESES

À medida que as divisões das células basais continuam, a camada epitelial se espessa e a lâmina basal dispõe-se em pregas irregulares. As células pigmentadas denominadas *melanócitos* migram para o interior dessa região e são comprimidas entre as células germinativas. O epitélio agora se assemelha à *epiderme* do adulto.

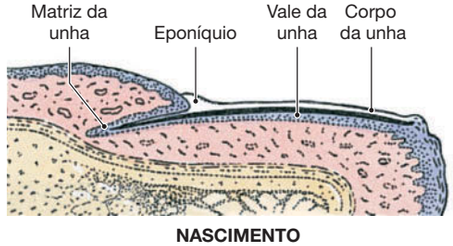
O tecido conectivo embrionário diferencia-se na *derme*. Os fibroblastos e outras células do tecido conectivo formam-se a partir das células mesenquimais, ou migram para a área. A densidade das fibras aumenta. O tecido conectivo frouxo estende-se nas cristas, porém a região mais profunda e menos vascularizada apresenta predomínio de uma densa rede irregular de fibras colágenas. Subjacente à derme, o tecido conectivo embrionário se desenvolve no interior da *tela subcutânea*, uma camada de tecido conectivo frouxo.

UNHAS



4 MESES

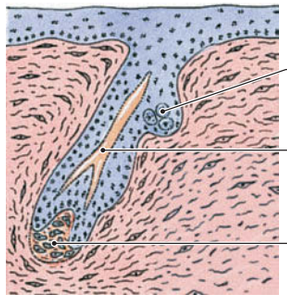
As unhas originam-se como espessamentos da epiderme, próximo das extremidades dos dedos das mãos e dos pés, fixam-se na derme e o limite com a epiderme geral torna-se distinto. Inicialmente, a formação da unha envolve todas as células germinativas da *matriz da unha*.



NASCIMENTO

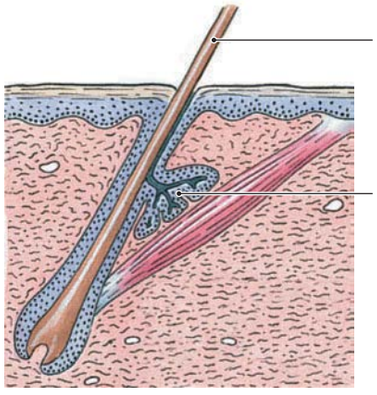
Na época do nascimento, a formação da unha está restrita à *matriz da unha*.

FOLÍCULOS PILOSOS



5 MESES

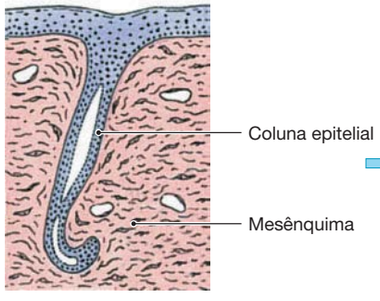
Um folículo piloso desenvolve-se como uma coluna profunda circundando uma *papila*, uma pequena massa de tecido conectivo. O crescimento do pêlo ocorrerá no epitélio que recobre a papila. Uma evaginação da coluna epitelial forma uma *glândula sebácea.*



NASCIMENTO

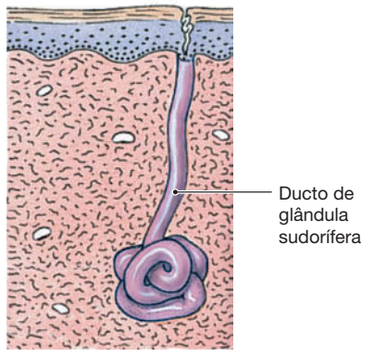
Ao nascimento, um pêlo projeta-se do folículo piloso, e a secreção da glândula sebácea lubrifica a haste do pêlo.

GLÂNDULAS EXÓCRINAS



5 MESES

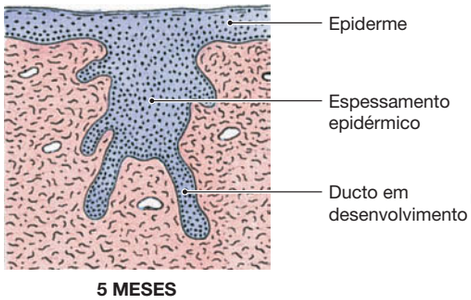
Uma glândula sudorífera (sudorípara) desenvolve-se a partir de uma coluna epitelial que se alonga, enovela e se torna oca.



NASCIMENTO

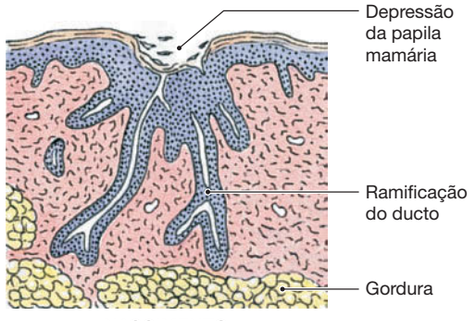
Ao nascimento, os ductos das glândulas sudoríferas transportam a secreção das células glandulares à superfície da pele.

GLÂNDULAS MAMÁRIAS



5 MESES

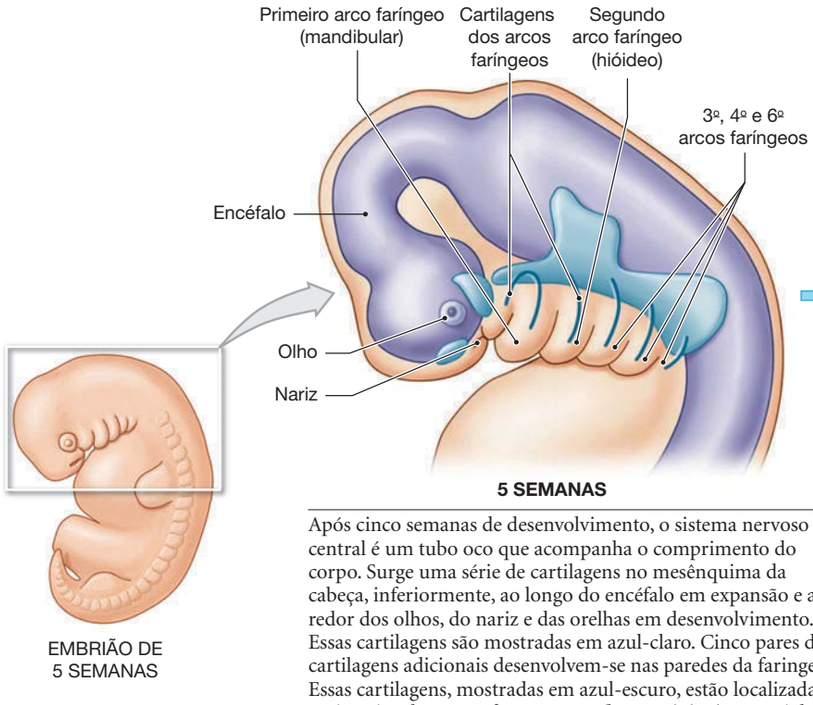
As glândulas mamárias desenvolvem-se de um modo semelhante, mas os espessamentos epidérmicos são mais largos e ocorrem ramificações intensas.



NASCIMENTO

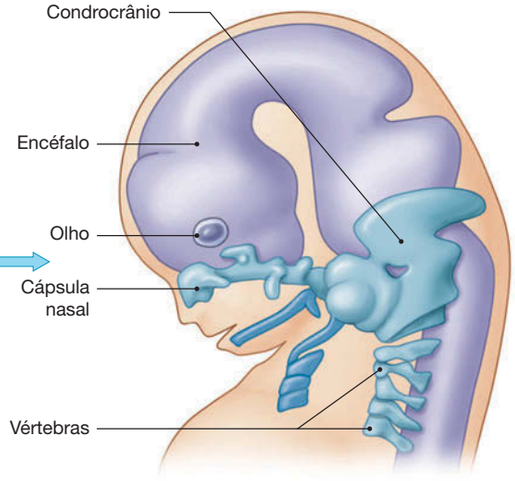
Ao nascimento, as glândulas mamárias não apresentam seu desenvolvimento completo. Nas mulheres, uma elaboração posterior do sistema de ductos e glândulas ocorre na puberdade, mas a maturidade funcional não ocorre antes da fase final da gestação.

O desenvolvimento do crânio



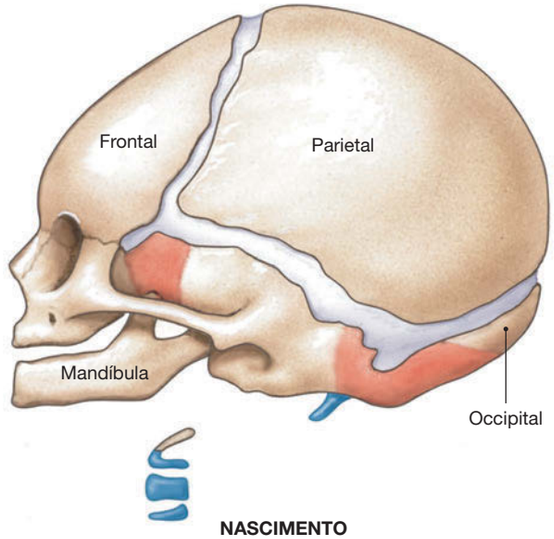
5 SEMANAS

Após cinco semanas de desenvolvimento, o sistema nervoso central é um tubo oco que acompanha o comprimento do corpo. Surge uma série de cartilagens no mesênquima da cabeça, inferiormente, ao longo do encéfalo em expansão e ao redor dos olhos, do nariz e das orelhas em desenvolvimento. Essas cartilagens são mostradas em azul-claro. Cinco pares de cartilagens adicionais desenvolvem-se nas paredes da faringe. Essas cartilagens, mostradas em azul-escuro, estão localizadas no interior dos **arcos faríngeos** ou **branquiais**. (*Branquial* refere-se às brânquias/guelras – nos peixes, os arcos caudais desenvolvem a sustentação esquelética para as brânquias.) O primeiro arco, ou **arco mandibular**, é o maior.



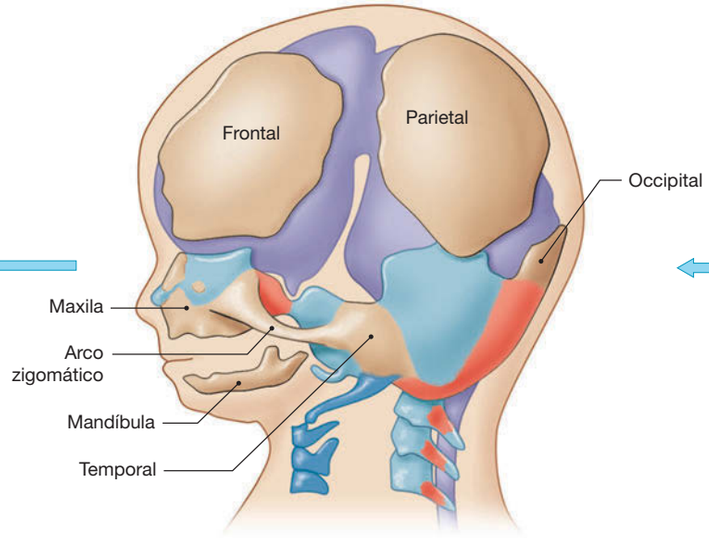
8 SEMANAS

As cartilagens associadas ao encéfalo alargam-se e se fundem, formando um **condrocrânio** cartilagíneo (*chondros*, cartilagem + *cranium*, crânio) que abriga o encéfalo e os órgãos dos sentidos. Até a 8ª semana de desenvolvimento, suas paredes, inclusive o soalho, estão incompletos e não existe "teto" (calvária).



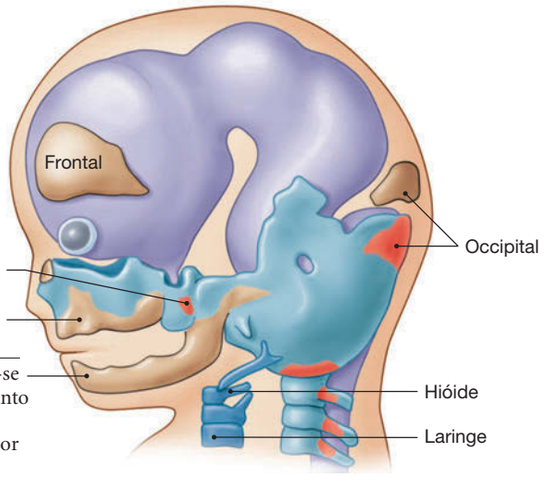
NASCIMENTO

O crânio ao nascimento; compare com a situação na 12ª semana. Ocorreram extensas fusões, mas a calvária (o "teto" do crânio) permanece incompleta. (Para maiores detalhes, *consulte a Figura 6.18, pág. 159.*)



12 SEMANAS

Após 12 semanas, a ossificação está em pleno andamento no neurocrânio e na face (viscerocrânio). *Compare com a Figura 5.6, pág. 119.*

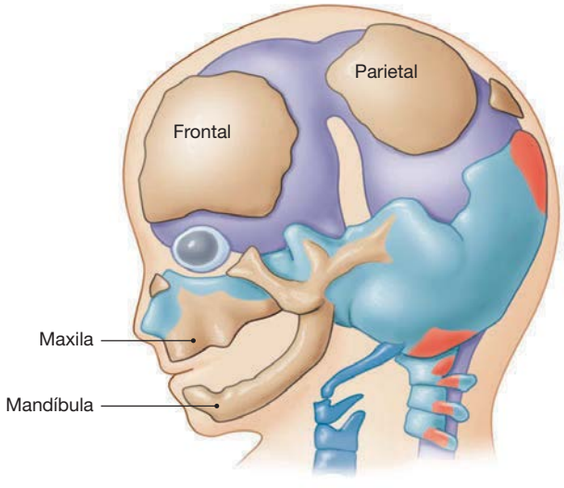


A mandíbula forma-se com o desenvolvimento de osso dérmico em torno da parte inferior do arco mandibular.

9 SEMANAS

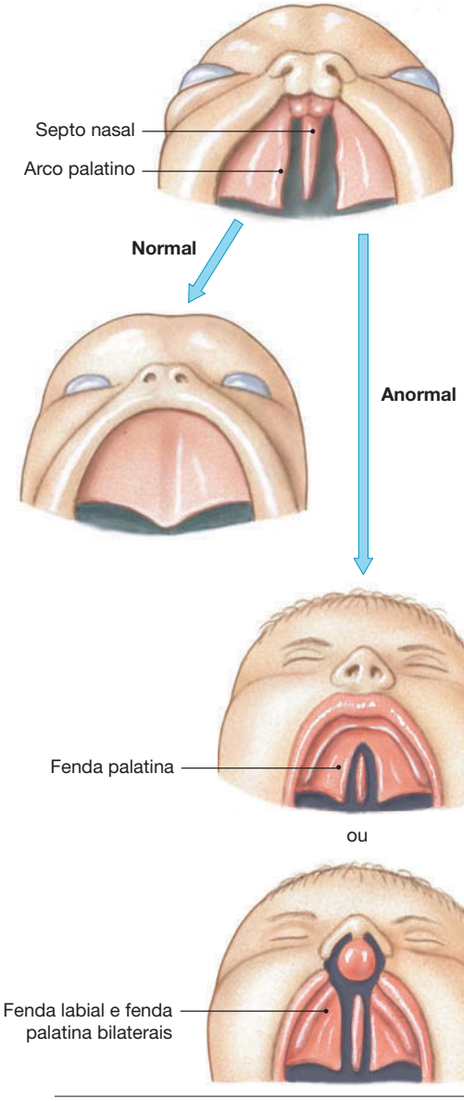
Durante a 9ª semana, numerosos centros de ossificação endocondral surgem no interior do condrocrânio. Esses centros são mostrados em vermelho. Gradualmente, surgem os ossos frontal e parietal na calvária, com o processo de ossificação intramembranácea que se inicia na derme sobreposta. Conforme esses centros (em cor bege) se alargam e se expandem, ocorrem muitas fusões.

A parte superior do arco mandibular funde-se com o condrocrânio. As cartilagens fundidas não se ossificam; em vez disso, osteoblastos começam a envolvê-las com osso dérmico. Em cada lado, este revestimento se funde com um osso em desenvolvimento na entrada da cavidade nasal, produzindo as duas maxilas. Centros de ossificação no "teto" da boca (palato) se espalham para formar os processos palatinos e posteriormente se fundem com as maxilas.



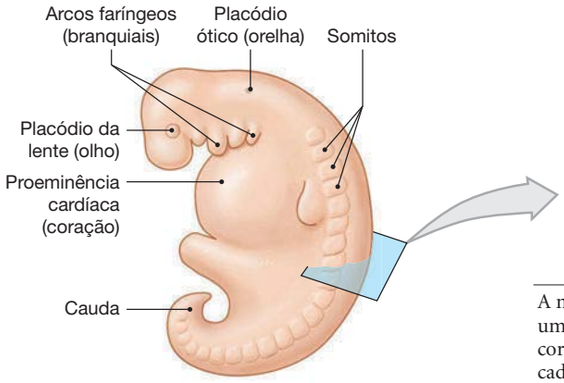
10 SEMANAS

O segundo arco, ou **arco hióideo**, forma-se próximo aos ossos temporais. A fusão das extremidades superiores do hióide com os ossos temporais forma os processos estilóides. A porção anterior do arco hióideo ossifica-se e constitui o osso hióide. O terceiro arco funde-se com o hióide, e o quarto e sexto arcos formam as cartilagens da laringe.

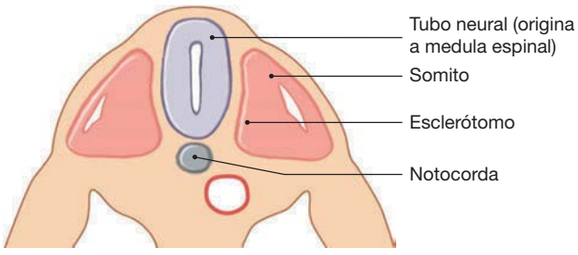


Se a pele sobreposta não se funde normalmente, o resultado é uma **fenda labial**. As fendas labiais ocorrem na proporção de aproximadamente um para cada mil nascimentos. Uma fenda que se estende para a órbita e o palato é chamada de **fenda palatina**. As fendas palatinas são menos comuns do que as fendas labiais (uma fenda palatina para cada duas labiais). Ambas as condições podem ser corrigidas cirurgicamente.

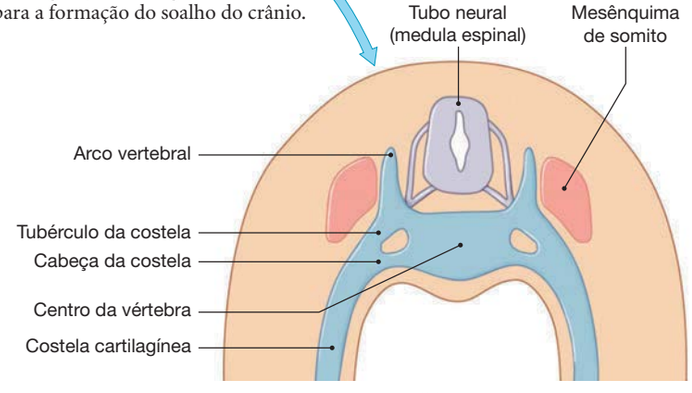
O desenvolvimento da coluna vertebral



EMBRIÃO DE 4 SEMANAS

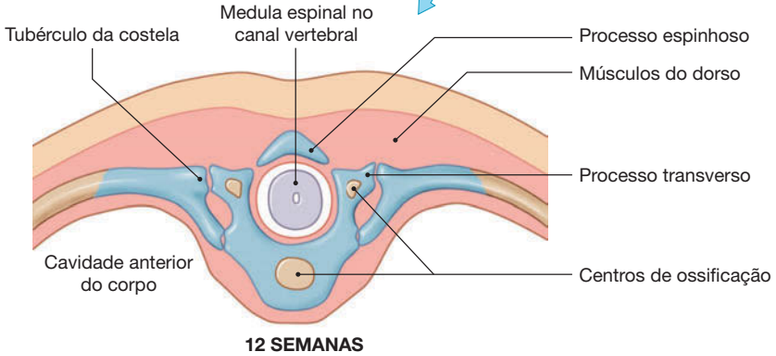


A medula espinal em desenvolvimento situa-se posteriormente a um bastão longitudinal, a **notocorda** (*noton*, dorso + *chorde*, cordão). Na quarta semana do desenvolvimento, o mesoderma de cada lado da medula espinal e a notocorda formam uma série de blocos mesenquimais, denominados **somitos**. O mesênquima, nas porções mediais de cada somito, uma região conhecida como **esclerótomo** (*skleros*, rígido), dará origem à coluna vertebral e contribuirá para a formação do soalho do crânio.



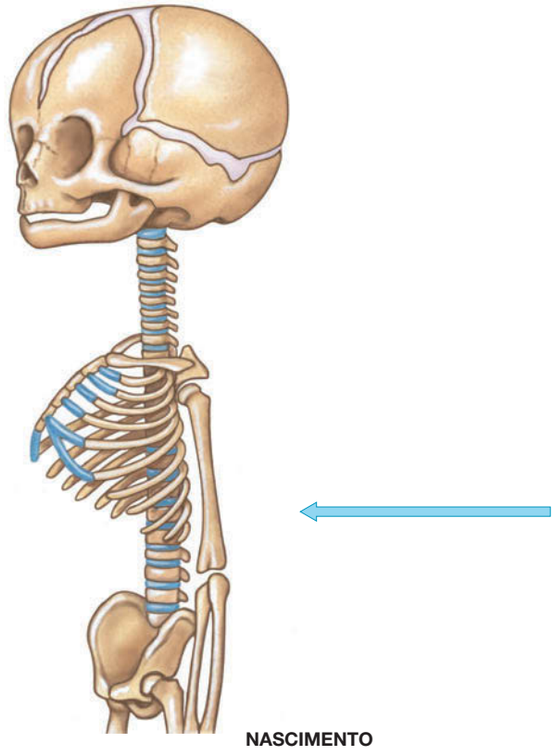
8 SEMANAS

As cartilagens dos centros vertebrais crescem ao redor da medula espinal criando o modelo de uma vértebra completa. Nas regiões cervical, torácica e lombar da coluna vertebral, as articulações desenvolvem-se onde os blocos cartilagíneos adjacentes entram em contato. No sacro e no cóccix, as cartilagens fundem-se entre si.



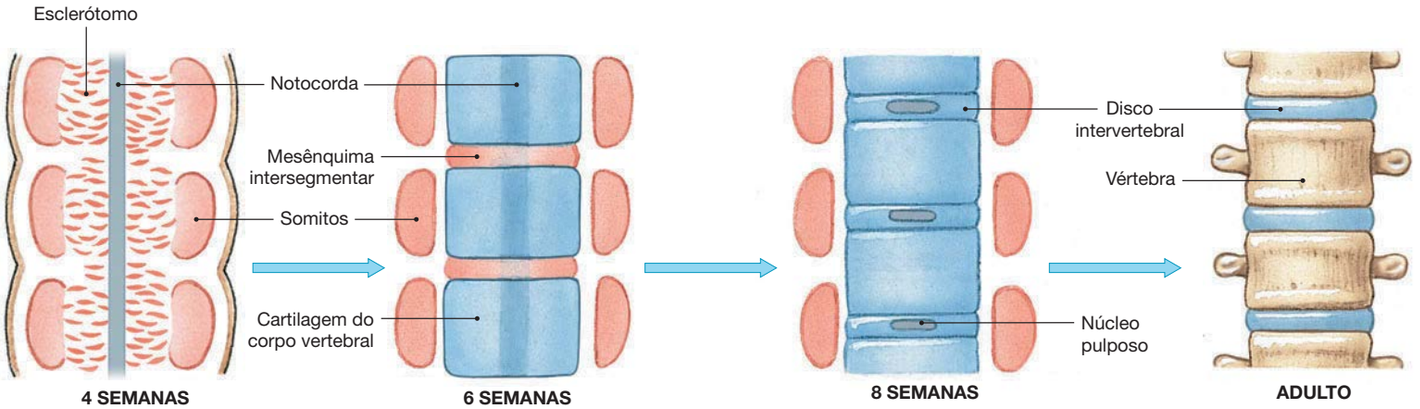
12 SEMANAS

Na época em que as costelas se separam das vértebras, começa sua ossificação. Somente as costelas menores sofrem ossificação completa. No restante, as porções distais permanecem cartilagíneas, formando as cartilagens costais. Vários centros de ossificação aparecem no esterno, mas a fusão reduz gradualmente este número.



NASCIMENTO

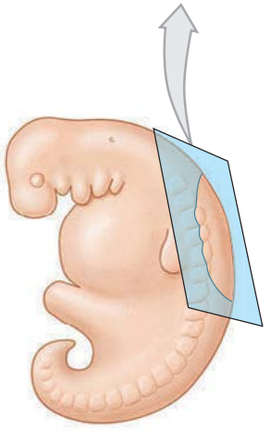
Ao nascimento, as vértebras e as costelas estão ossificadas, mas permanecem muitas áreas cartilagíneas. Por exemplo, as partes anteriores das costelas permanecem cartilagíneas. O crescimento adicional ocorrerá por muitos anos; nas vértebras, as bases dos arcos vertebrais aumentam até as idades de 3 a 6 anos, enquanto os processos espinhosos e os corpos vertebrais aumentam até as idades de 18 a 25 anos.

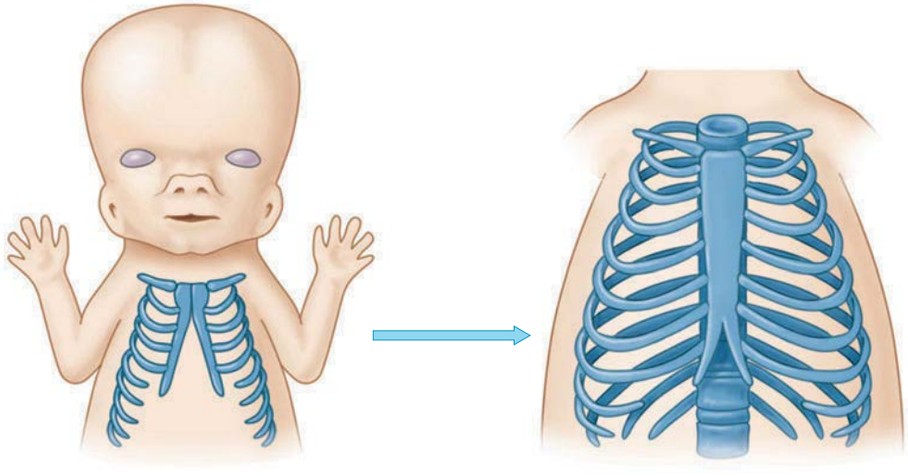


Células dos esclerótomos migram e distanciam-se dos somitos, e aglomeram-se ao redor da notocorda.

As células migratórias diferenciam-se em condroblastos e produzem uma série de blocos cartilagíneos, que circundam a notocorda. Estas cartilagens, que se desenvolverão para o interior dos centros vertebrais, são separadas por estruturas de mesênquima.

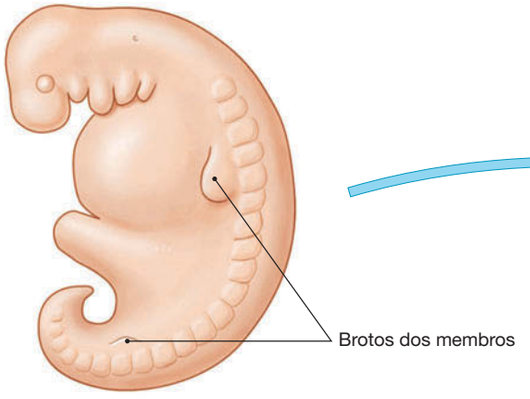
A expansão dos centros vertebrais finalmente elimina a notocorda, porém esta estrutura permanece intacta entre as vértebras adjacentes, formando o *núcleo pulposo* dos discos intervertebrais. Posteriormente, as células mesenquimais circundantes diferenciam-se em condroblastos para produzir a fibrocartilagem (cartilagem fibrosa) do *anel fibroso*.





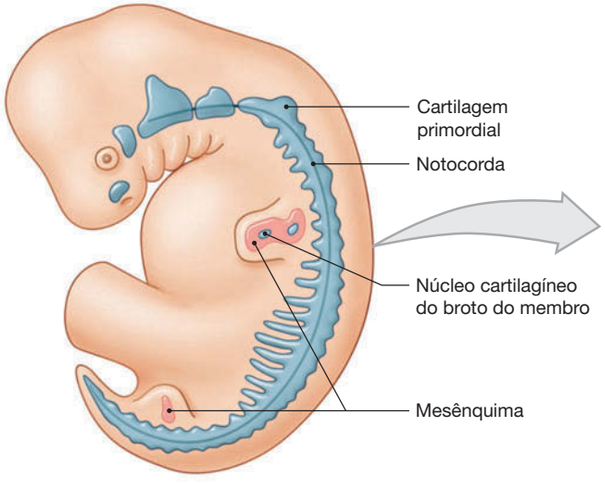
As cartilagens das costelas expandem-se e distanciam-se dos processos transversos das vértebras em desenvolvimento. Inicialmente são contínuas, porém até a 8ª semana as costelas já se separaram das vértebras. As costelas formam-se em cada vértebra, porém nas regiões cervical, lombar, sacral e coccígea permanecem pequenas e posteriormente fundem-se com as vértebras em crescimento. As costelas das vértebras torácicas continuam seu crescimento, acompanhando a curvatura da parede do corpo. Quando atingem a região mais anterior, as costelas se fundem com as cartilagens do esterno.

O desenvolvimento do esqueleto apendicular



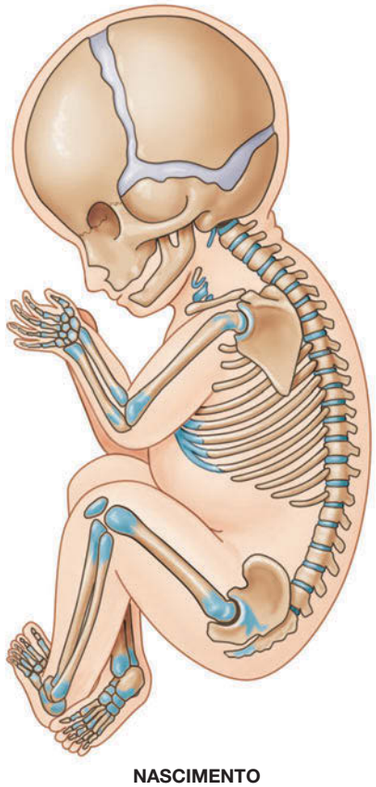
4 SEMANAS

Na quarta semana do desenvolvimento, surgem proeminências ao longo das regiões laterais do embrião, que se estendem a partir da região imediatamente inferior ao pescoço e na região imediatamente superior ao ânus. Essas proeminências formam-se como aglomerados de células mesodérmicas, subjacentes ao ectoderma da região lateral do embrião. O mesoderma gradualmente acumula-se na extremidade de cada saliência, formando os dois pares de brotos dos membros.



5 SEMANAS

Após cinco semanas de desenvolvimento, os brotos dos membros superiores apresentam um núcleo cartilagíneo, e as cartilagens escapulares estão se desenvolvendo no mesênquima do tronco.

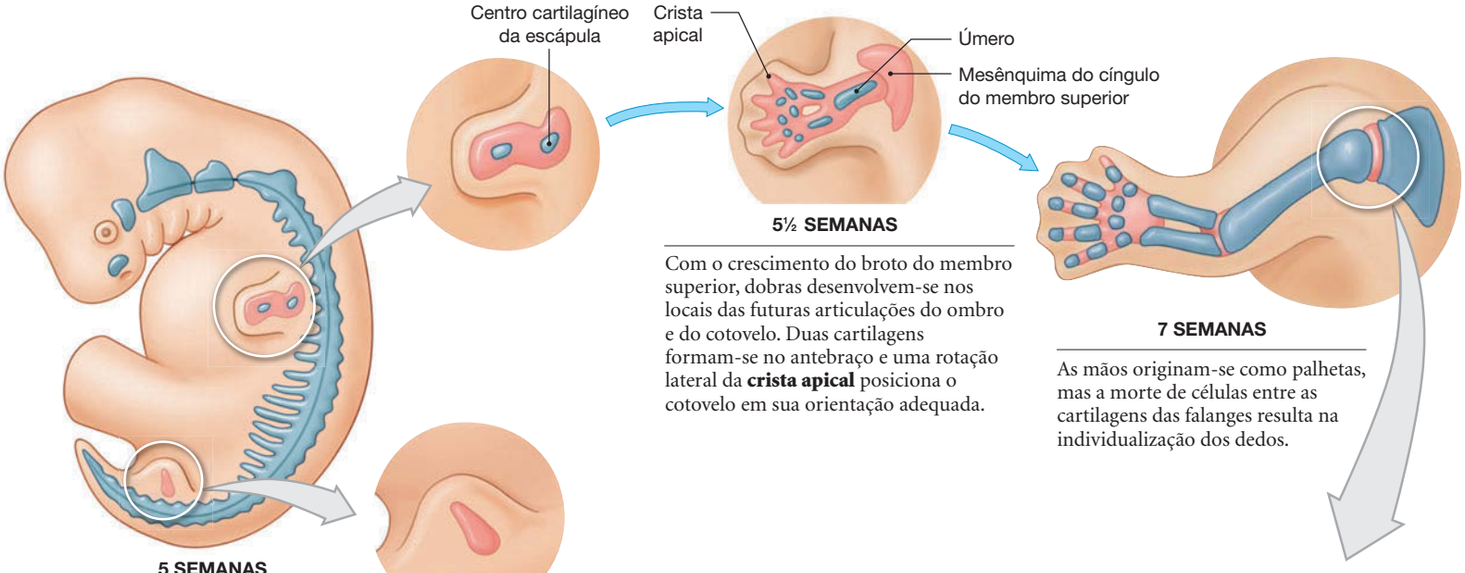


NASCIMENTO

O esqueleto de um recém-nascido. Note as extensas áreas de cartilagem (azul) na cabeça do úmero, na região do punho, nos ossos da palma e dos dedos das mãos e nos ossos do quadril. Observe o aspecto do esqueleto axial e compare com os dois Resumos de Embriologia anteriores.

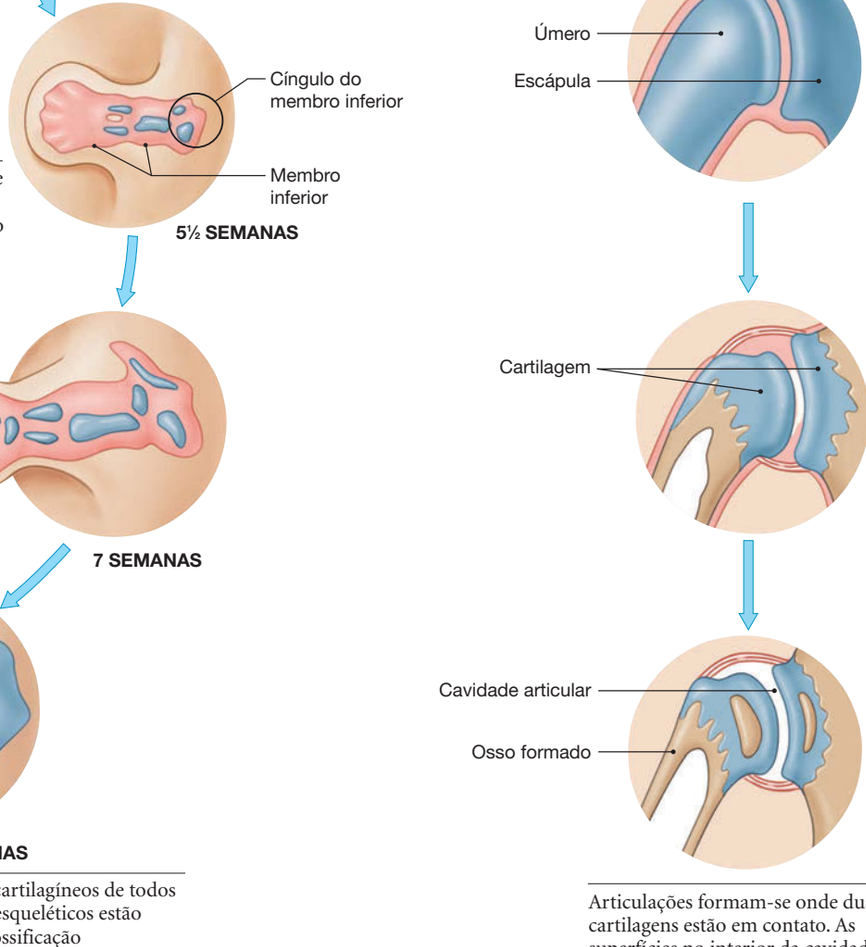
10 SEMANAS

A ossificação do esqueleto do embrião após aproximadamente 10 semanas de desenvolvimento. Os corpos (diáfises) dos ossos dos membros estão sofrendo rápida ossificação, porém os "ossos" carpais e tarsais permanecem cartilagíneos.



Com o crescimento do broto do membro superior, dobras desenvolvem-se nos locais das futuras articulações do ombro e do cotovelo. Duas cartilagens formam-se no antebraço e uma rotação lateral da **crista apical** posiciona o cotovelo em sua orientação adequada.

As mãos originam-se como palhetas, mas a morte de células entre as cartilagens das falanges resulta na individualização dos dedos.



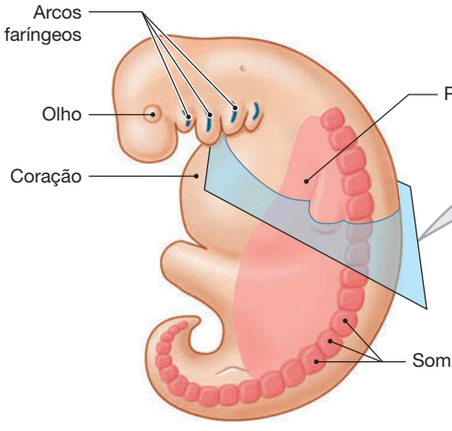
A formação do cíngulo do membro inferior e dos membros inferiores ocorre concomitantemente à formação do complexo do cíngulo do membro superior. Entretanto, com o crescimento do broto do membro inferior, a crista apical roda medialmente, e não lateralmente. Como resultado, a articulação do joelho (a fossa poplítea) é voltada posteriormente, enquanto a do cotovelo (a fossa cubital) é voltada anteriormente.

Até a 8ª semana, os moldes cartilagíneos de todos os principais componentes esqueléticos estão bem formados e se inicia a ossificação endocondral nos futuros ossos dos membros. A ossificação dos ossos do quadril inicia-se em três centros separados, que crescem gradativamente.

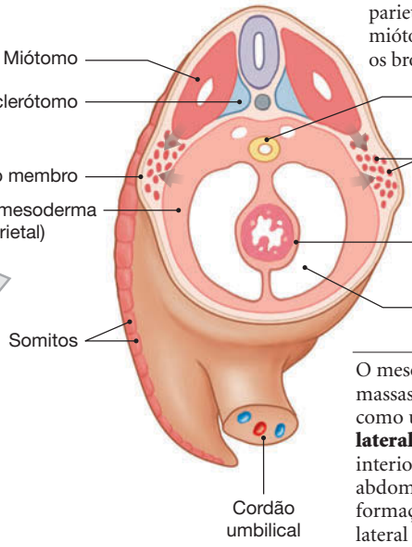
Articulações formam-se onde duas cartilagens estão em contato. As superfícies no interior da cavidade articular permanecem cartilagíneas, enquanto o restante do molde passa pelo processo de ossificação.

O desenvolvimento dos músculos

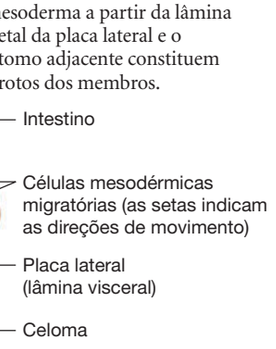
Próximo à cabeça, o mesoderma forma músculos esqueléticos associados com os arcos faríngeos.



Após quatro semanas de desenvolvimento, o mesoderma de cada lado da notocorda constitui os somitos. A porção medial de cada somito formará os músculos esqueléticos; esta região é denominada **miótomo**.

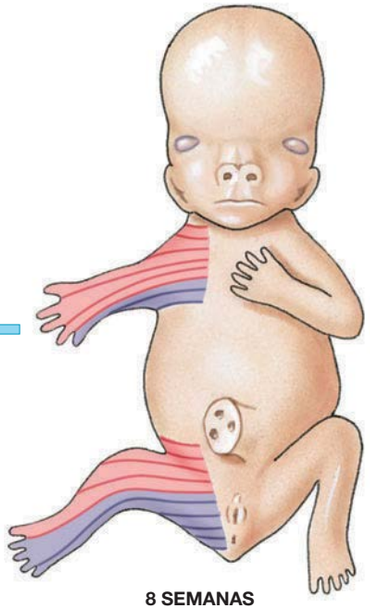


O mesoderma a partir da lâmina parietal da placa lateral e o miótomo adjacente constituem os brotos dos membros.



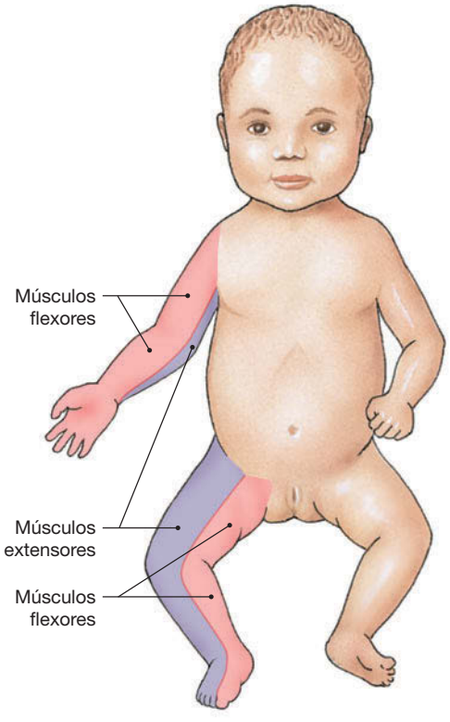
O mesoderma ventral não forma massas segmentares e permanece como uma lâmina denominada **placa lateral**. Uma cavidade surge no interior da placa lateral do tórax e do abdome; essa cavidade é o celoma. A formação do celoma divide a placa lateral em uma **lâmina visceral**, interna, e uma **lâmina parietal**, externa.

4 SEMANAS



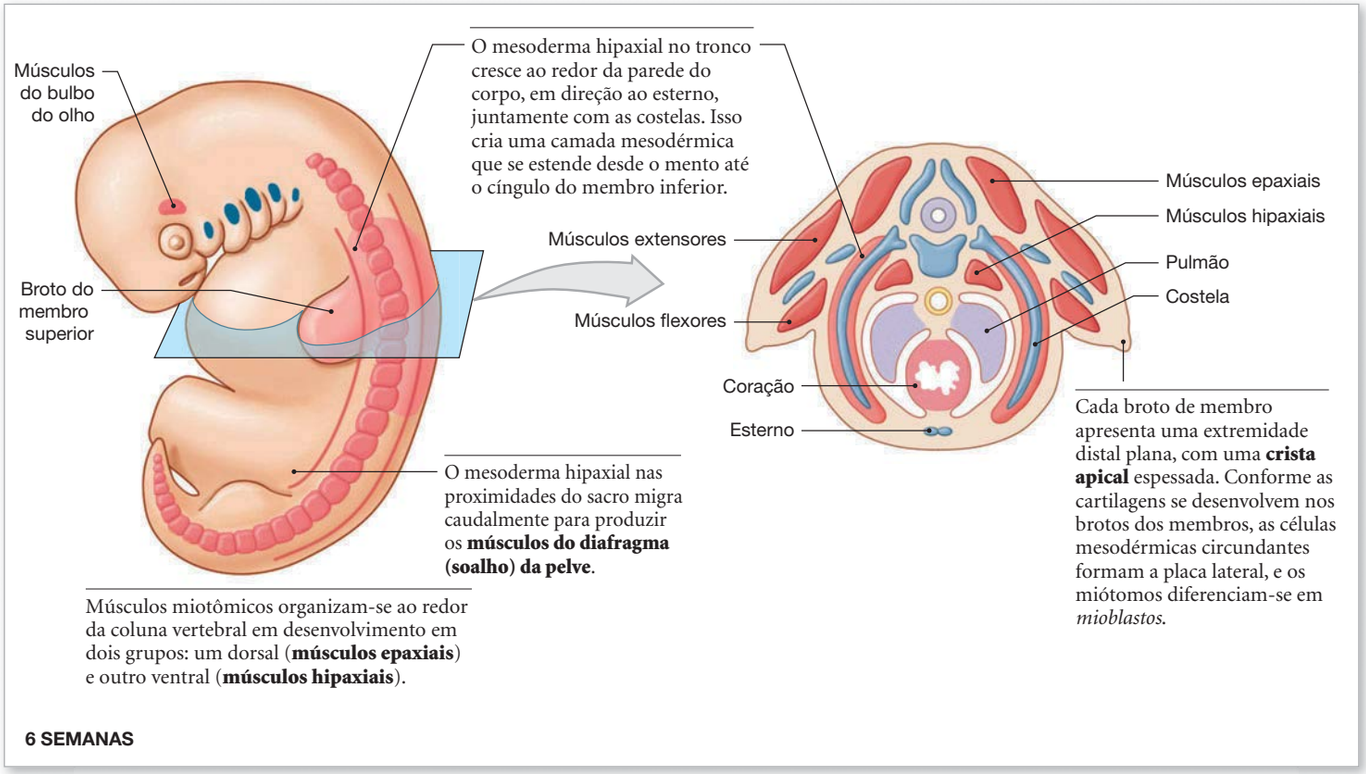
8 SEMANAS

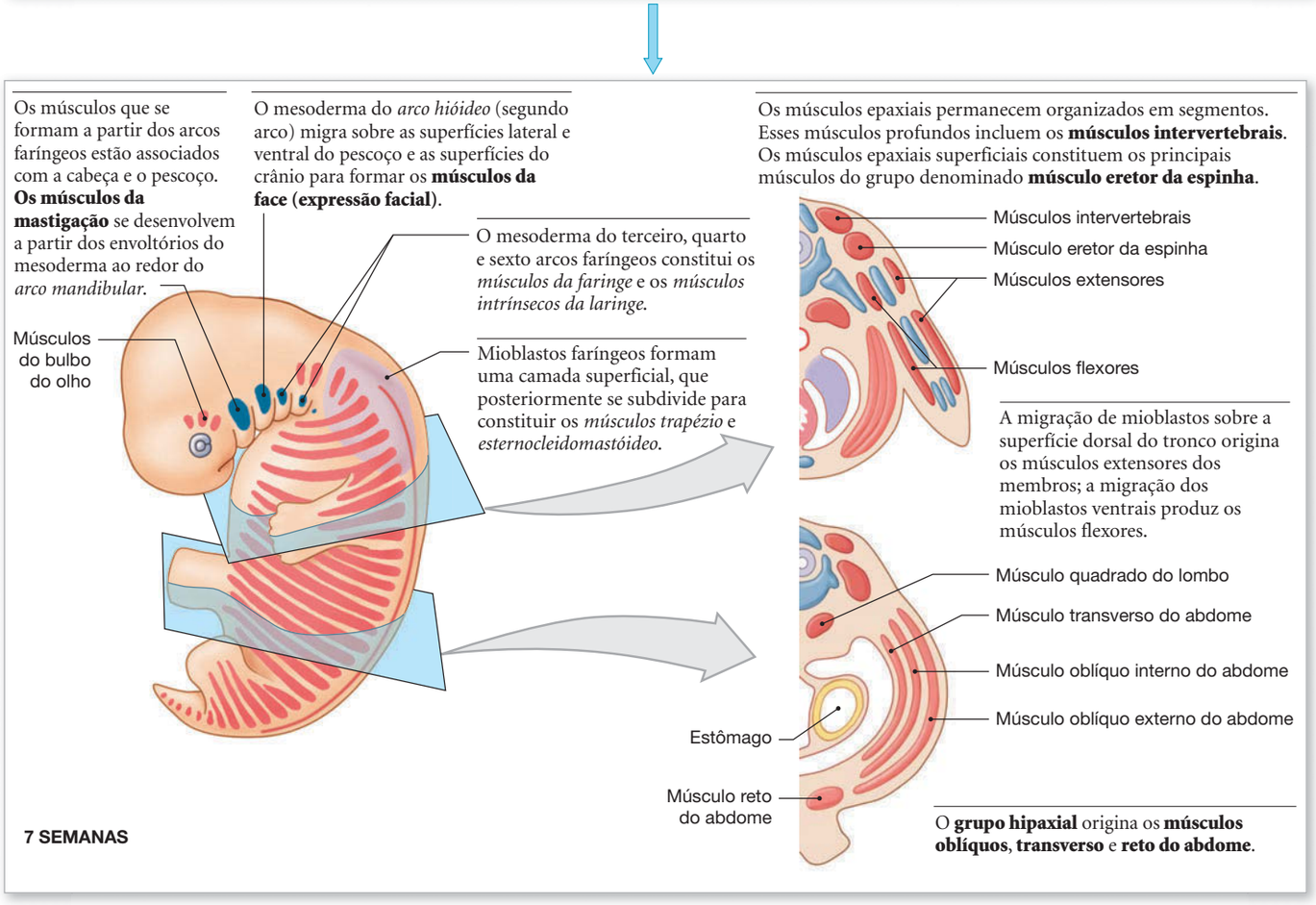
Com o crescimento dos brotos dos membros, mioblastos adicionais invadem o membro a partir dos miótomos adjacentes. As linhas indicam os limites entre os miótomos que fornecem os mioblastos aos membros.



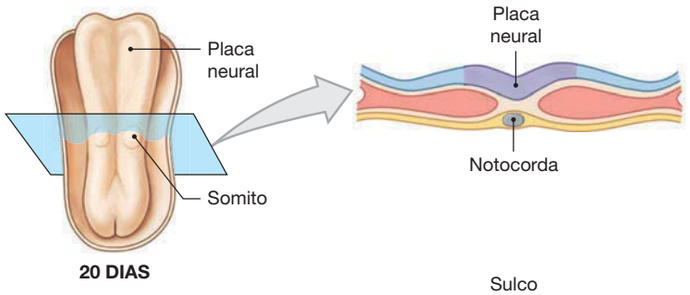
NASCIMENTO

A rotação dos brotos dos membros inferiores e superiores produz uma modificação na posição dessas massas em relação ao eixo do corpo.

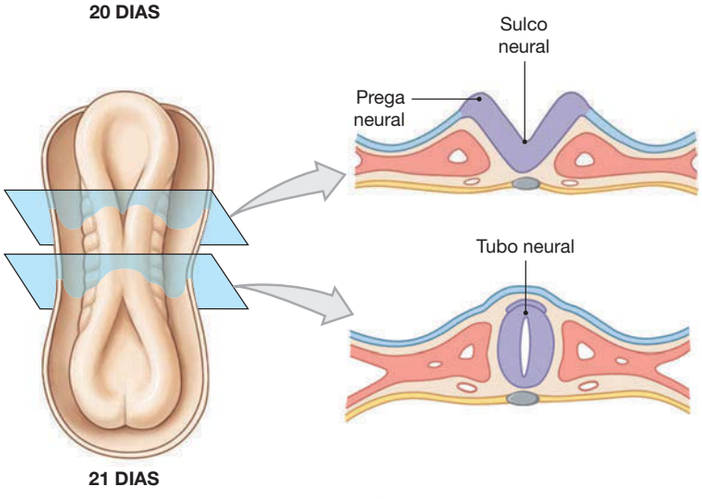

Músculos do bulbo do olho
Broto do membro superior
O mesoderma hipaxial no tronco cresce ao redor da parede do corpo, em direção ao esterno, juntamente com as costelas. Isso cria uma camada mesodérmica que se estende desde o mento até o cíngulo do membro inferior.
Músculos extensores
Músculos flexores
Músculos epaxiais
Músculos hipaxiais
Pulmão
Costela
Coração
Esterno
O mesoderma hipaxial nas proximidades do sacro migra caudalmente para produzir os **músculos do diafragma (soalho) da pelve**.
Cada broto de membro apresenta uma extremidade distal plana, com uma **crista apical** espessada. Conforme as cartilagens se desenvolvem nos brotos dos membros, as células mesodérmicas circundantes formam a placa lateral, e os miótomos diferenciam-se em *mioblastos*.
Músculos miotômicos organizam-se ao redor da coluna vertebral em desenvolvimento em dois grupos: um dorsal (**músculos epaxiais**) e outro ventral (**músculos hipaxiais**).
6 SEMANAS


Os músculos que se formam a partir dos arcos faríngeos estão associados com a cabeça e o pescoço. **Os músculos da mastigação** se desenvolvem a partir dos envoltórios do mesoderma ao redor do *arco mandibular*.
O mesoderma do *arco hióideo* (segundo arco) migra sobre as superfícies lateral e ventral do pescoço e as superfícies do crânio para formar os **músculos da face (expressão facial)**.
Os músculos epaxiais permanecem organizados em segmentos. Esses músculos profundos incluem os **músculos intervertebrais**. Os músculos epaxiais superficiais constituem os principais músculos do grupo denominado **músculo eretor da espinha**.
Músculos do bulbo do olho
O mesoderma do terceiro, quarto e sexto arcos faríngeos constitui os *músculos da faringe* e os *músculos intrínsecos da laringe*.
Mioblastos faríngeos formam uma camada superficial, que posteriormente se subdivide para constituir os *músculos trapézio* e *esternocleidomastóideo*.
Músculos intervertebrais
Músculo eretor da espinha
Músculos extensores
Músculos flexores
A migração de mioblastos sobre a superfície dorsal do tronco origina os músculos extensores dos membros; a migração dos mioblastos ventrais produz os músculos flexores.
Músculo quadrado do lombo
Músculo transverso do abdome
Músculo oblíquo interno do abdome
Músculo oblíquo externo do abdome
Estômago
Músculo reto do abdome
O **grupo hipaxial** origina os **músculos oblíquos**, **transverso** e **reto do abdome**.
7 SEMANAS

O desenvolvimento do sistema nervoso

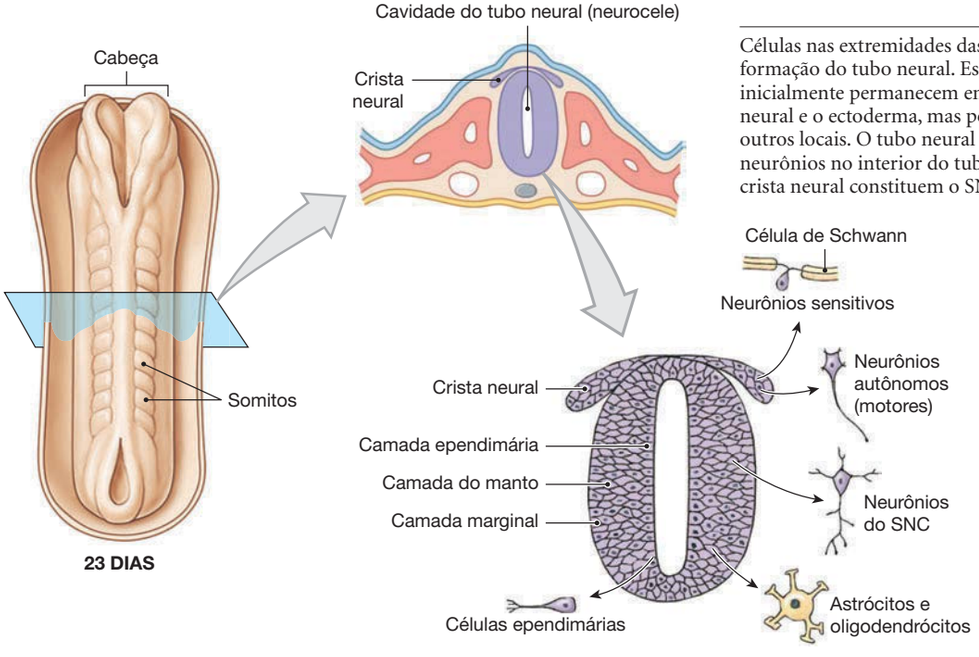


Após duas semanas de desenvolvimento, os *somitos* estão aparecendo em cada lado da *notocorda*. O ectoderma nas proximidades da linha mediana se espessa, formando uma placa neural elevada. A **placa neural** é maior nas proximidades da futura cabeça do embrião em desenvolvimento.



Uma reentrância se desenvolve ao longo do maior eixo da placa neural, criando o **sulco neural**. As margens, ou **pregas neurais**, aproximam-se gradualmente. O primeiro contato entre essas pregas ocorre no terço médio da extensão do maior eixo da placa neural, aproximadamente ao término da terceira semana.

No local onde as pregas neurais se encontram, ocorre uma fusão para constituir um **tubo neural** cilíndrico que perde suas conexões com o ectoderma superficial. O processo de formação do tubo neural é denominado **neurulação** e se completa em menos de uma semana. A formação do esqueleto axial e da musculatura localizada ao redor do tubo neural em desenvolvimento foi descrita nas páginas 768 e 773.

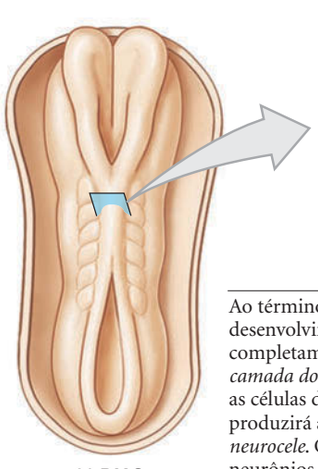


Células nas extremidades das pregas neurais não participam da formação do tubo neural. Essas células da **crista neural** inicialmente permanecem entre a superfície dorsal do tubo neural e o ectoderma, mas posteriormente migram para outros locais. O tubo neural torna-se o SNC. Axônios de neurônios no interior do tubo neural e axônios das células da crista neural constituem o SNP.

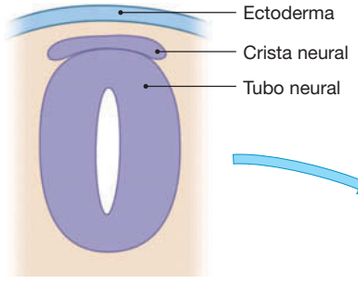
As primeiras células que surgem na camada do manto diferenciam-se em neurônios, enquanto as últimas células que chegam tornam-se astrócitos e oligodendrócitos. A continuidade do desenvolvimento do SNC e do SNP poderá ser encontrada nos Resumos de Embriologia subseqüentes neste capítulo.

O tubo neural espessa-se conforme seu revestimento epitelial passa por mitoses repetidas. Em meados da quinta semana de desenvolvimento, observam-se três camadas distintas. A **camada ependimária** reveste a cavidade do tubo neural (**neurocele**). As células ependimárias continuam suas atividades mitóticas e as células-filhas criam um envoltório, denominado **camada do manto**. Axônios a partir de neurônios em desenvolvimento formam a **camada marginal**, superficial.

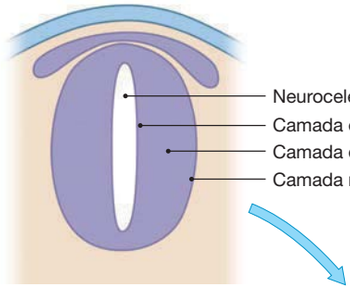
O desenvolvimento da medula espinal, parte I



22 DIAS

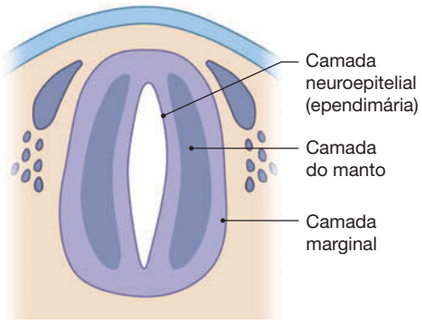


Ao término da quinta semana de desenvolvimento, o *tubo neural* está quase completamente fechado. Na medula espinal, a *camada do manto* que contém os neurônios e as células da glia em desenvolvimento produzirá a substância cinzenta que circunda a *neurocele*. Com o desenvolvimento dos neurônios na camada do manto, seus axônios crescem em direção a destinos centrais ou periféricos. Os axônios deixam a camada do manto e fazem trajeto em direção a alvos sinápticos no interior da *camada marginal*, periférica.



23 DIAS

Finalmente, os axônios em crescimento formarão fascículos ou tratos na camada marginal, e esses tratos se agruparão nas colunas que formam a substância branca da medula espinal.

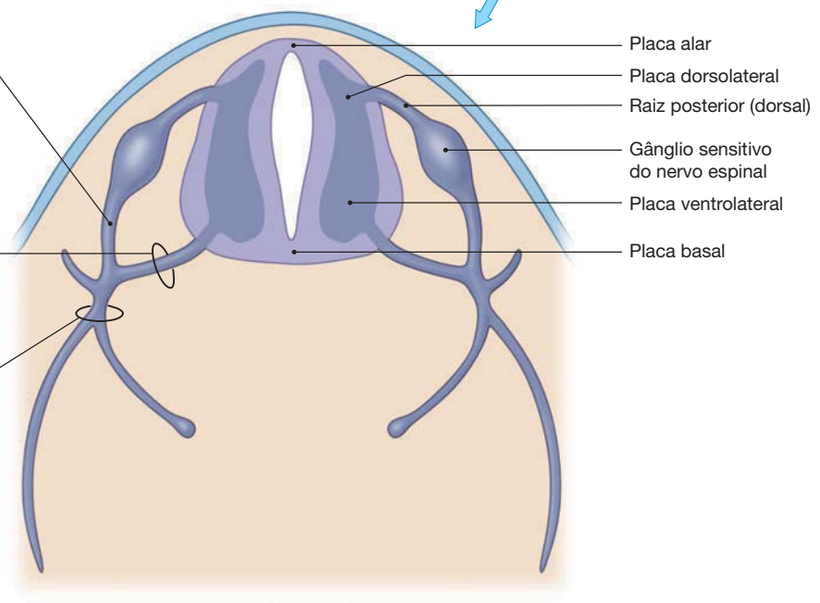


28 DIAS

Até este momento, células da *crista neural* migraram para cada um dos lados da medula espinal e formaram os gânglios sensitivos dos nervos espinais. As células da crista neural originam neurônios sensitivos e células da glia (células de Schwann e células satélites). Processos a partir desses neurônios sensitivos crescem em direção à periferia, para fazer contato com receptores, e em direção ao SNC por meio das raízes posteriores.

Em cada segmento, os axônios dos neurônios motores em desenvolvimento formam um par de raízes anteriores que crescem distanciando-se da medula espinal.

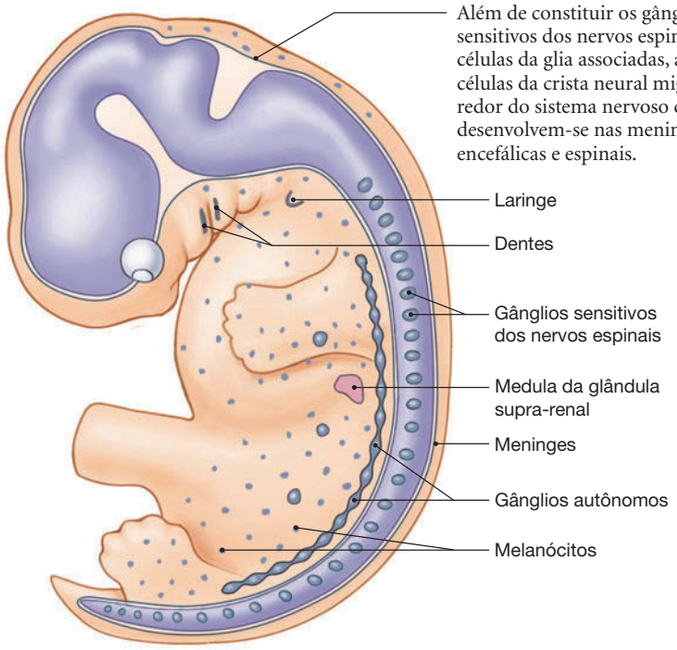
Distalmente a cada gânglio sensitivo do nervo espinal, as fibras motoras da raiz anterior e as fibras sensitivas da raiz posterior se juntam em um único tronco do nervo espinal. Ao longo de grande parte da medula espinal, estes nervos compartilham um padrão estereotipado de ramos periféricos, padrão este responsável pela distribuição dos dermátomos.



7 SEMANAS

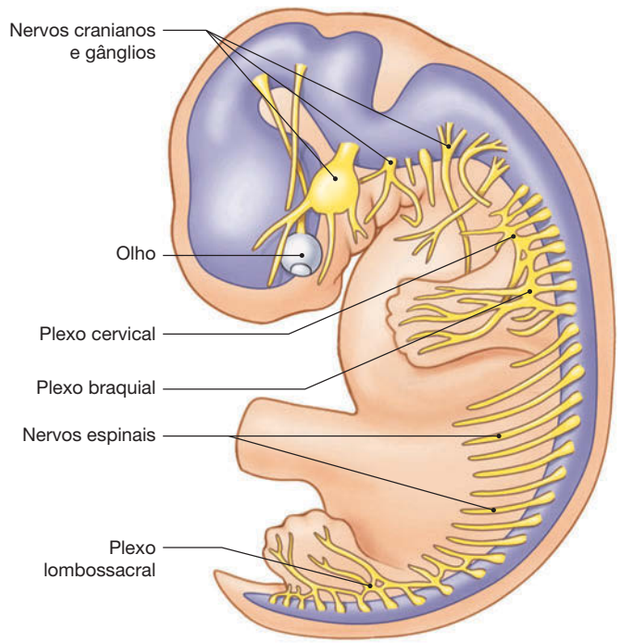
Com o crescimento da camada do manto, a neurocele torna-se lateralmente comprimida e relativamente estreita. As **placas alar** e **basal**, relativamente finas, não se espessarão substancialmente, mas as **placas dorsolateral** e **ventrolateral** crescem rapidamente. Neurônios em desenvolvimento no interior da placa dorsolateral receberão e transmitirão informação sensitiva, enquanto os da região ventrolateral se diferenciarão em neurônios motores.

O desenvolvimento da medula espinal, parte II



7 SEMANAS
(Distribuição das células da crista neural)

As células da crista neural agregam-se para formar gânglios autônomos nas proximidades da coluna vertebral e em órgãos periféricos. Células migratórias da crista neural contribuem para a formação dos dentes e formam as cartilagens da laringe, os melanócitos da pele, o crânio, os tecidos conectivos ao redor do olho, os músculos intrínsecos do bulbo do olho, as células de Schwann, as células satélites e a medula da glândula supra-renal.



7 SEMANAS
(Distribuição dos nervos)

Muitos nervos espinais inervam cada membro em desenvolvimento. Quando células musculares embrionárias migram, distanciando-se do miótomo, os nervos acompanham este crescimento. Se um músculo grande no adulto é derivado de muitos miótomos, partições de tecido conectivo freqüentemente marcarão os limites originais, e a inervação sempre envolverá mais de um nervo espinal.

ANOMALIAS DO DESENVOLVIMENTO

Espinha bífida

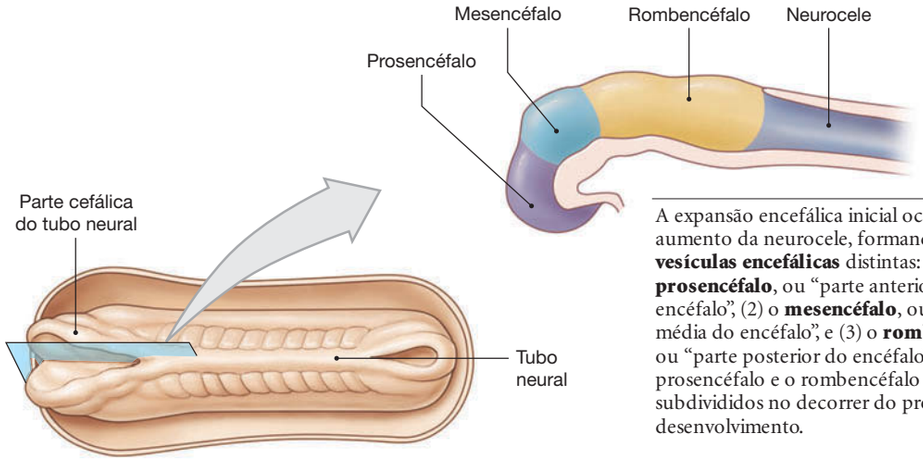
A **espinha bífida** é verificada quando ocorre falha na união das lâminas dos arcos vertebrais em desenvolvimento devido à formação anormal do tubo neural naquele local específico. O arco vertebral é incompleto e as meninges se projetam para fora, subjacentemente à pele da região do dorso. A extensão da anomalia determina a gravidade do defeito. Em casos leves, a condição pode passar despercebida; casos extremos envolvem grande parte da extensão da coluna vertebral.

Defeito do tubo neural

Um **defeito do tubo neural** (**DTN**) é uma condição secundária a um erro de desenvolvimento na formação da medula espinal. Em vez de formar um tubo oco, uma parte da medula espinal desenvolve-se como uma placa alargada. Isso freqüentemente está associado com a espinha bífida. Defeitos do tubo neural acometem aproximadamente um indivíduo em 1.000; testes pré-natais podem detectar a existência desses defeitos com um índice de sucesso de 80 a 85%.

O desenvolvimento do encéfalo, parte I

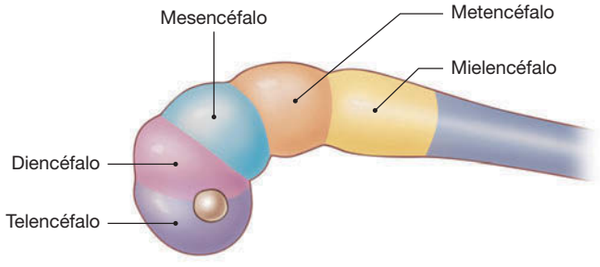
Antes de prosseguir, revise os resumos sobre a formação do crânio, o desenvolvimento da coluna vertebral e o desenvolvimento da medula espinal nos Resumos de Embriologia anteriores.



A expansão encefálica inicial ocorre com o aumento da neurocele, formando três **vesículas encefálicas** distintas: (1) o **prosencéfalo**, ou "parte anterior do encéfalo", (2) o **mesencéfalo**, ou "parte média do encéfalo", e (3) o **rombencéfalo**, ou "parte posterior do encéfalo". O prosencéfalo e o rombencéfalo serão subdivididos no decorrer do processo de desenvolvimento.

Mesmo antes de se completar a formação do **tubo neural**, a sua parte cefálica começa a aumentar de tamanho. As principais diferenças entre o desenvolvimento do encéfalo e da medula espinal incluem (1) a quebra precoce da organização da camada do manto (substância cinzenta) e da camada marginal (substância branca); (2) o surgimento das áreas de córtex neural; (3) o crescimento diferencial entre e dentro de regiões específicas; (4) o surgimento de dobras e pregas características; e (5) a perda da organização segmentar evidente.

23 DIAS

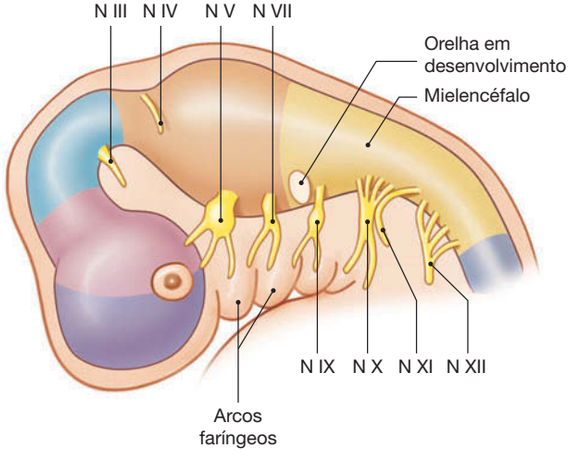


O rombencéfalo inicialmente subdivide-se em **metencéfalo** (*meta*, após) e **mielencéfalo** (*myelon*, medula).

O prosencéfalo forma o **telencéfalo** (*telos*, mais distante + *enkephalos*, encéfalo) e o **diencéfalo**. O telencéfalo inicia-se como um par de protuberâncias nas proximidades das margens rostral e dorsolateral do prosencéfalo.

4 SEMANAS

As fibras sensitivas de nervos cranianos originam-se a partir de gânglios sensitivos, conectando as terminações nervosas sensitivas (receptores) ao encéfalo; as fibras motoras de nervos cranianos originam-se a partir de núcleos presentes no encéfalo. Neurônios sensitivos especiais dos nervos cranianos I, II e VIII desenvolvem-se em associação com os receptores em formação. Os nervos motores somáticos III, IV e VI crescem em direção aos músculos do bulbo do olho; os nervos mistos (V, VII, IX e X) inervam os **arcos faríngeos** (pág. 766).



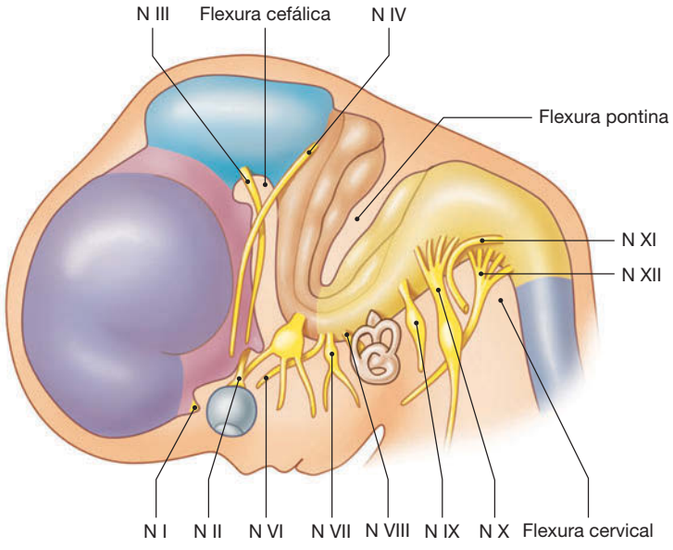
O desenvolvimento do **mesencéfalo** produz uma pequena massa de tecido neural com uma neurocele estreitada, o *aqueduto do mesencéfalo*.

Com o prosseguimento do crescimento diferencial e a modificação da posição e da orientação do embrião, uma série de dobras, ou **flexuras**, surge ao longo do eixo maior do encéfalo em desenvolvimento.

5 SEMANAS

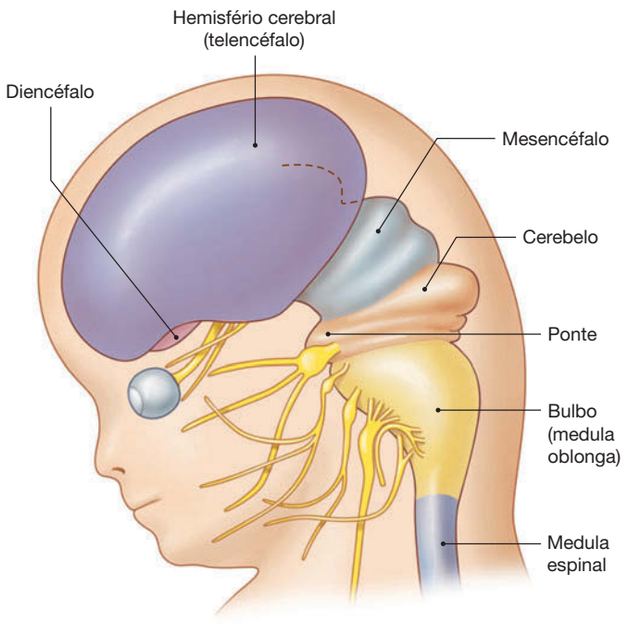
O desenvolvimento do encéfalo, parte II

O "teto" (região dorsal) do diencéfalo e do mielencéfalo não se desenvolve completamente, deixando uma fina camada ependimária em contato com as meninges em desenvolvimento. Vasos sangüíneos invadem essas regiões, o que resulta na formação dos **plexos corióideos**.



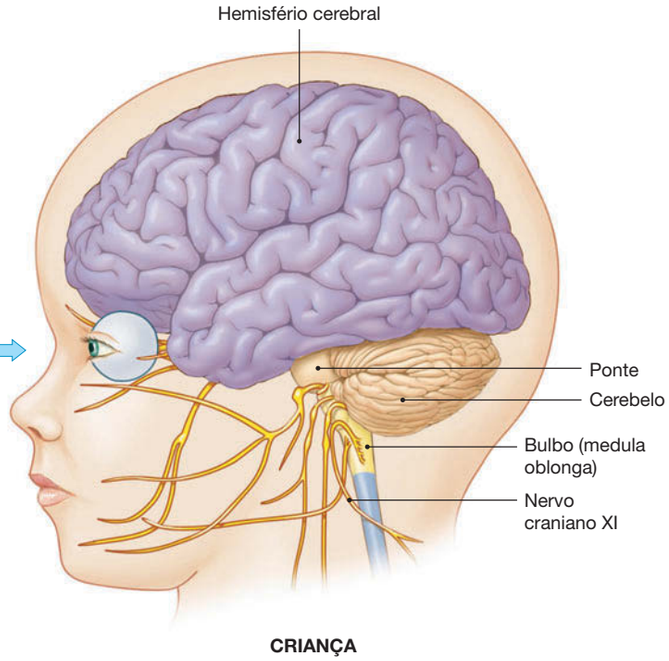
Com a continuidade do crescimento e o desenvolvimento da flexura pontina, o encéfalo torna-se mais compacto e curto. Os hemisférios cerebrais em expansão agora dominam as superfícies laterais e superior do encéfalo. Neuroblastos migratórios constituem o córtex cerebral, e as massas subjacentes de substância cinzenta desenvolvem-se em direção aos núcleos da base.

8 SEMANAS



Após 11 semanas, os hemisférios cerebrais em expansão atingiram dimensões maiores que aquelas do diencéfalo. No metencéfalo, a formação e a expansão cortical produzem o cerebelo, que se sobrepõe aos núcleos e tratos da ponte.

11 SEMANAS

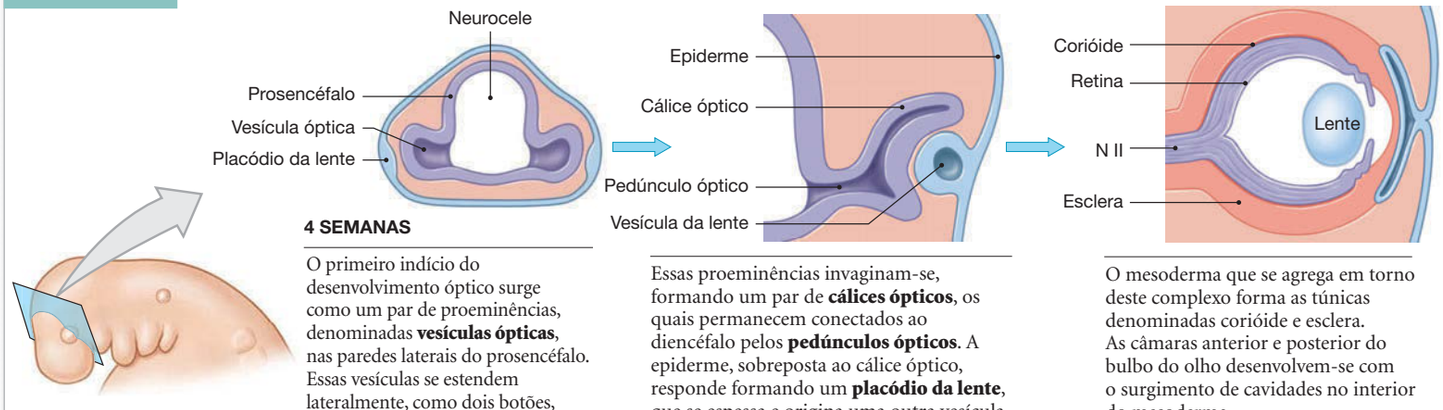


CRIANÇA

O desenvolvimento dos órgãos dos sentidos "especiais", parte I

Todos os órgãos dos sentidos "especiais" se desenvolvem a partir da interação entre os epitélios e o sistema nervoso em desenvolvimento do embrião.

VISÃO



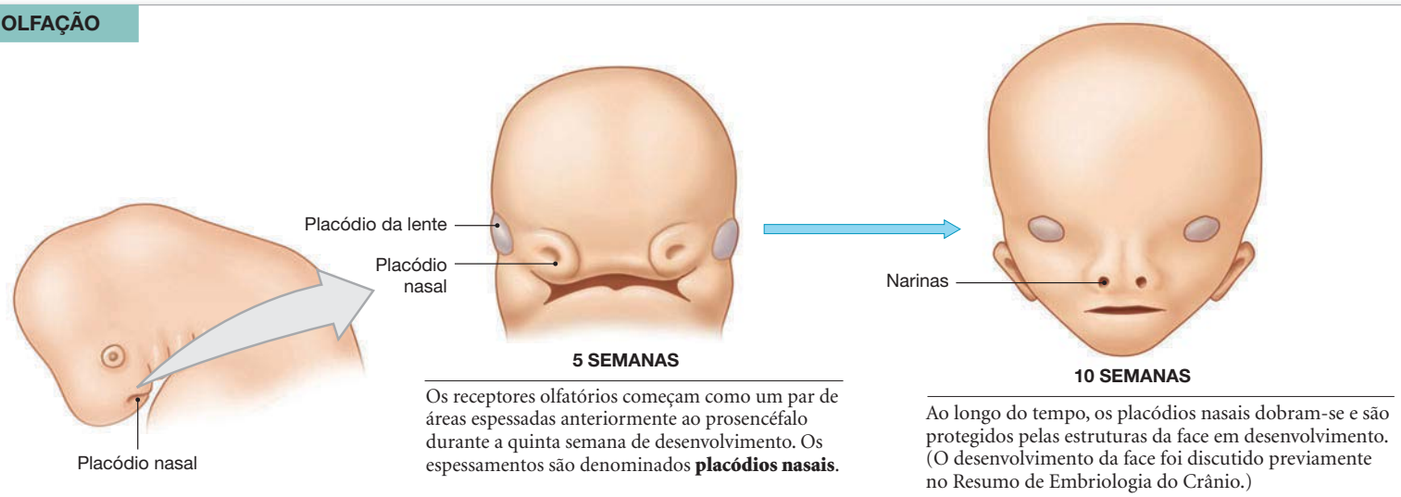
4 SEMANAS

O primeiro indício do desenvolvimento óptico surge como um par de proeminências, denominadas **vesículas ópticas**, nas paredes laterais do prosencéfalo. Essas vesículas se estendem lateralmente, como dois botões, cada qual contendo uma cavidade, contínua com a neurocele.

Essas proeminências invaginam-se, formando um par de **cálices ópticos**, os quais permanecem conectados ao diencéfalo pelos **pedúnculos ópticos**. A epiderme, sobreposta ao cálice óptico, responde formando um **placódio da lente**, que se espessa e origina uma outra vesícula. Esta **vesícula da lente** torna-se a lente (cristalino).

O mesoderma que se agrega em torno deste complexo forma as túnicas denominadas corióide e esclera. As câmaras anterior e posterior do bulbo do olho desenvolvem-se com o surgimento de cavidades no interior do mesoderma.

OLFAÇÃO



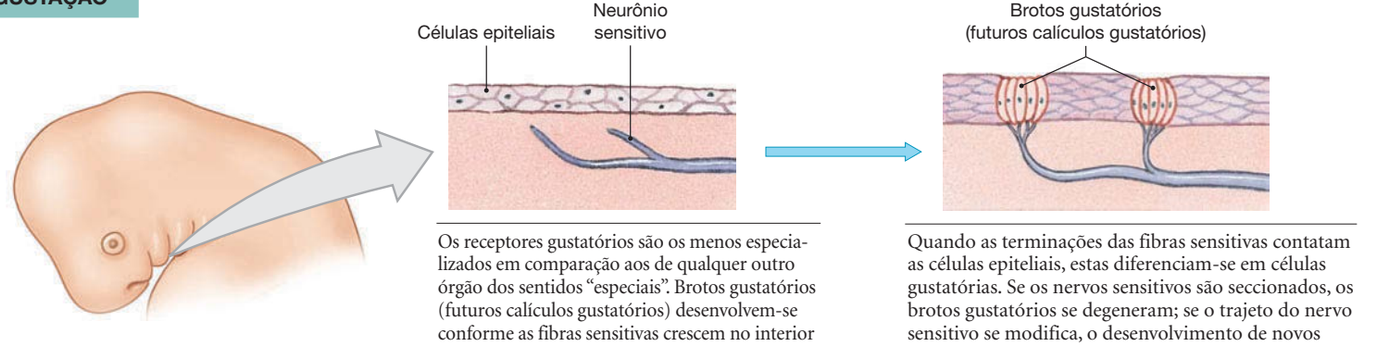
5 SEMANAS

Os receptores olfatórios começam como um par de áreas espessadas anteriormente ao prosencéfalo durante a quinta semana de desenvolvimento. Os espessamentos são denominados **placódios nasais**.

10 SEMANAS

Ao longo do tempo, os placódios nasais dobram-se e são protegidos pelas estruturas da face em desenvolvimento. (O desenvolvimento da face foi discutido previamente no Resumo de Embriologia do Crânio.)

GUSTAÇÃO

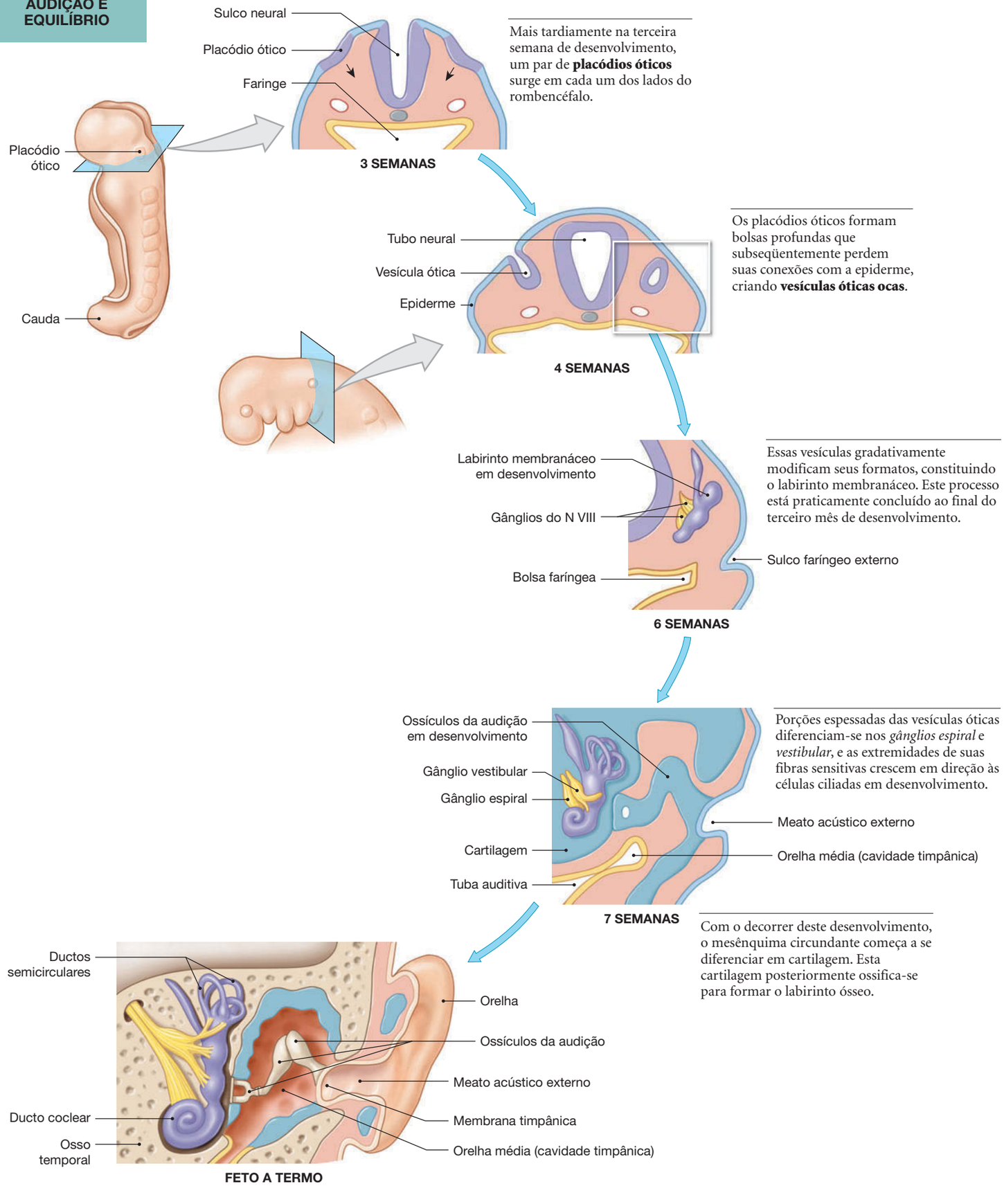


Os receptores gustatórios são os menos especializados em comparação aos de qualquer outro órgão dos sentidos "especiais". Brotos gustatórios (futuros calículos gustatórios) desenvolvem-se conforme as fibras sensitivas crescem no interior da boca e da faringe em desenvolvimento.

Quando as terminações das fibras sensitivas contatam as células epiteliais, estas diferenciam-se em células gustatórias. Se os nervos sensitivos são seccionados, os brotos gustatórios se degeneram; se o trajeto do nervo sensitivo se modifica, o desenvolvimento de novos brotos gustatórios ocorrerá em sua nova localização.

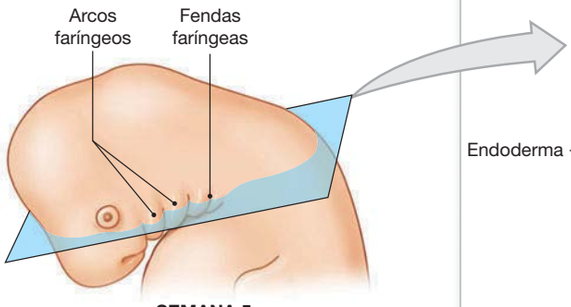
O desenvolvimento dos órgãos dos sentidos "especiais", parte II

AUDIÇÃO E EQUILÍBRIO



O desenvolvimento do sistema endócrino, parte I

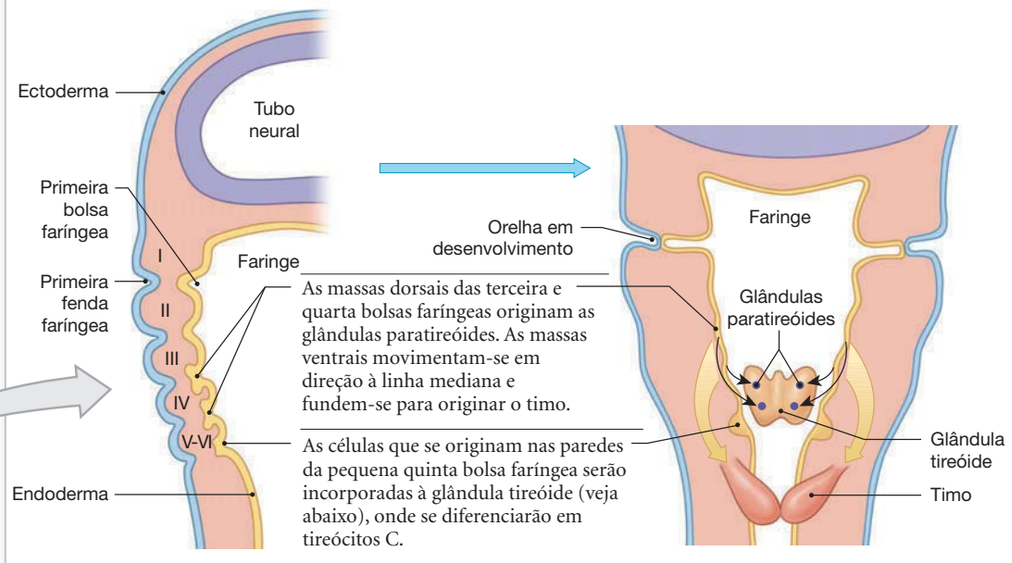
Como foi observado no Capítulo 3, todas as glândulas secretoras, sejam exócrinas ou endócrinas, derivam de epitélios. Órgãos endócrinos desenvolvem-se a partir de epitélios (1) que recobrem a superfície externa do embrião, (2) que revestem o trato digestório e (3) que revestem a cavidade celômica.



SEMANA 5

A região faríngea do embrião desempenha uma função particularmente importante no desenvolvimento do sistema endócrino. Após 4 a 5 semanas de desenvolvimento, os *arcos faríngeos* estão bem formados. Embriões humanos desenvolvem cinco ou seis arcos faríngeos que não são visíveis externamente. (O 5º arco pode não aparecer ou pode formar-se, porém degenerando-se quase imediatamente.) Os cinco principais arcos (I-IV e VI) são separados por *fendas faríngeas*, sulcos profundos no ectoderma.

GLÂNDULAS PARATIREÓIDES E TIMO

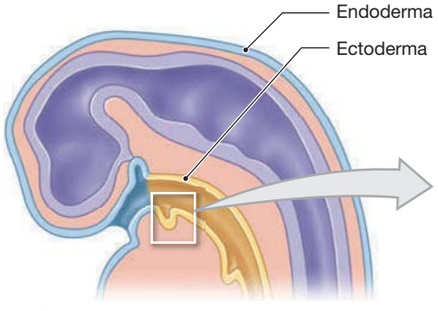


As massas dorsais das terceira e quarta bolsas faríngeas originam as glândulas paratireóides. As massas ventrais movimentam-se em direção à linha mediana e fundem-se para originar o timo.

As células que se originam nas paredes da pequena quinta bolsa faríngea serão incorporadas à glândula tireóide (veja abaixo), onde se diferenciarão em tireócitos C.

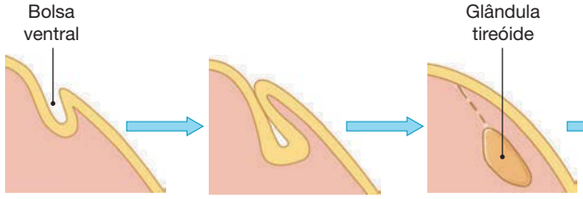
Na vista em secção, cinco **bolsas faríngeas** estendem-se lateralmente em direção às fendas faríngeas. A primeira bolsa faríngea localiza-se caudalmente ao primeiro arco faríngeo (mandibular). As bolsas faríngeas 5 e 6 são muito pequenas e interconectadas. O endoderma que reveste o terceiro, quarto e quinto pares de bolsas faríngeas forma as massas celulares dorsal e ventral que migram subjacentemente ao epitélio endodérmico.

GLÂNDULA TIREÓIDE

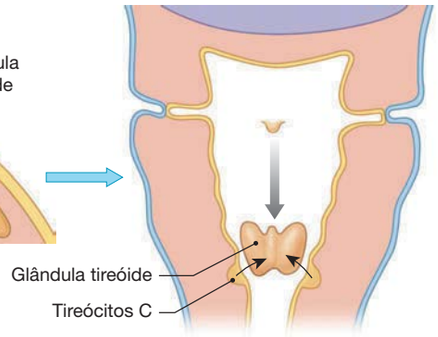


SEMANA 5, secção sagital mediana

O limite entre o ectoderma e o endoderma situa-se ao longo da linha formada pelas papilas circunvaladas da língua (*consulte a Figura 18.7, pág. 478*). Essa linha corresponde aproximadamente ao meio do primeiro arco faríngeo (mandibular). A glândula tireóide forma-se aqui, na linha mediana ventral.



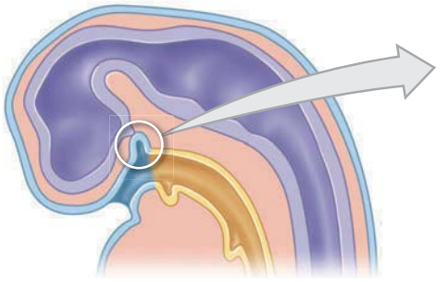
A glândula tireóide inicia-se como uma bolsa na linha mediana ventral. Conforme essa bolsa sofre discreta ramificação, suas paredes se espessam e as massas pares perdem suas conexões com a superfície.



Conforme o embrião cresce e modifica seu formato, a glândula tireóide desloca-se no sentido caudal para uma posição próxima da cartilagem tireóidea da laringe. Ao longo deste trajeto, a glândula tireóide incorpora os tireócitos C advindos das paredes da quinta bolsa faríngea.

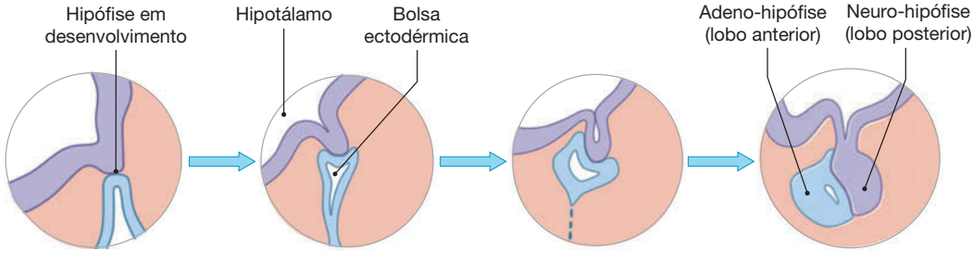
O desenvolvimento do sistema endócrino, parte II

HIPÓFISE



SEMANA 5, secção sagital mediana

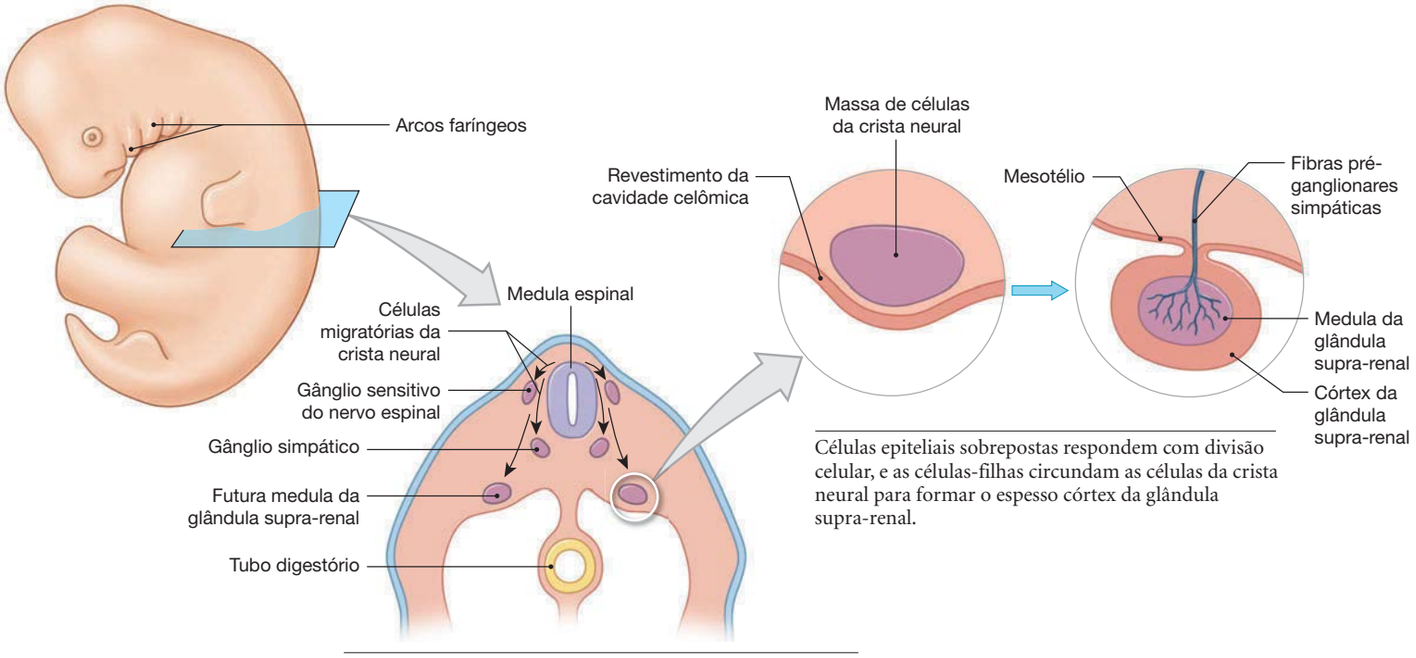
A hipófise forma-se na linha mediana dorsal, superiormente à glândula tireóide em formação.



A hipófise apresenta uma origem mista. A primeira fase é a formação de uma bolsa ectodérmica na linha mediana dorsal da faringe. Essa bolsa perde sua conexão com a faringe, criando uma esfera oca de células, localizada inferiormente ao soalho do diencéfalo, posteriormente ao quiasma óptico.

Conforme essas células se dividem, a câmara central gradualmente desaparece. Esta massa endócrina se transformará na adeno-hipófise (lobo anterior). A neuro-hipófise (lobo posterior) inicia-se como uma depressão no soalho do hipotálamo e cresce em direção à adeno-hipófise em desenvolvimento.

GLÂNDULAS SUPRA-RENAIS



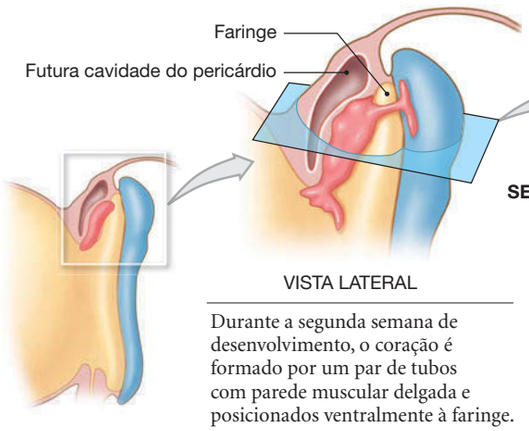
Células epiteliais sobrepostas respondem com divisão celular, e as células-filhas circundam as células da crista neural para formar o espesso córtex da glândula supra-renal.

Cada glândula supra-renal também apresenta uma origem mista. Logo após a formação do *tubo neural*, as células da crista neural migram, afastando-se do SNC. Esta migração leva à formação dos gânglios sensitivos dos nervos espinais e dos gânglios autônomos. Em cada um dos lados da cavidade celômica, células da crista neural agregam-se em uma massa que se transformará na medula da glândula supra-renal.

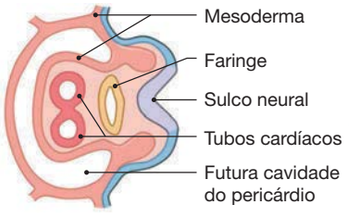
SEMANA 5

Para detalhes adicionais sobre o desenvolvimento de outros órgãos endócrinos, consulte os Resumos de Embriologia subseqüentes a respeito dos Sistemas Linfático, Digestório, Urinário e Genital.

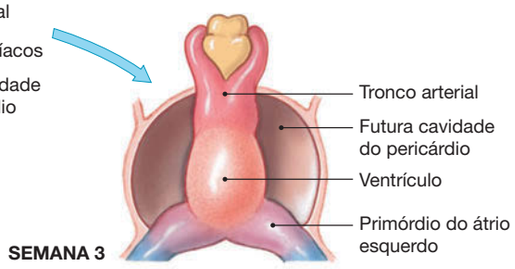
O desenvolvimento do coração



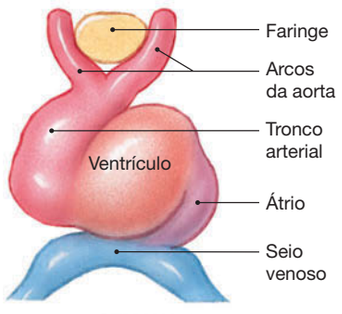
Durante a segunda semana de desenvolvimento, o coração é formado por um par de tubos com parede muscular delgada e posicionados ventralmente à faringe.



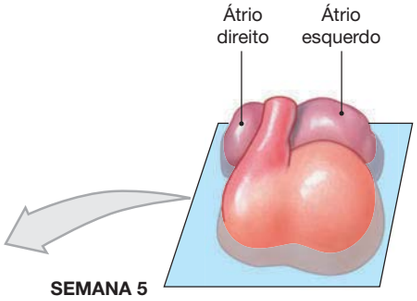
A placa lateral do mesoderma, nesta região, já se dividiu em lâminas parietal e visceral, criando um espaço que finalmente formará a cavidade do pericárdio.



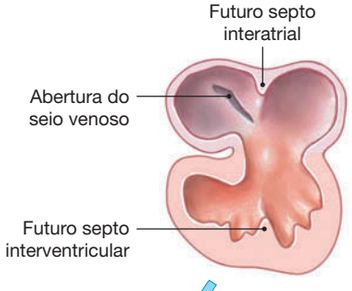
Até a terceira semana, o coração está pulsando e bombeando sangue. Os tubos cardíacos fundiram-se, produzindo um coração com uma câmara central única. Duas grandes veias conduzem o sangue ao coração, e uma única grande artéria, o **tronco arterial**, conduz o sangue à circulação sistêmica.

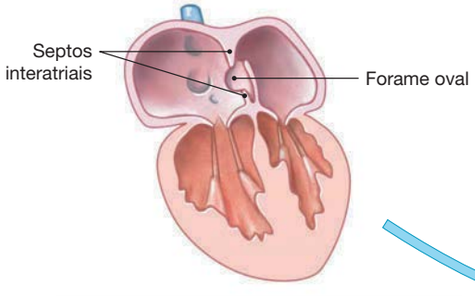


O coração torna-se alongado com o crescimento do embrião; curva-se sobre si na direção posterior, formando uma curva em S que gradativamente se torna mais pronunciada. As regiões atrial e ventricular já apresentam diferença em espessura.

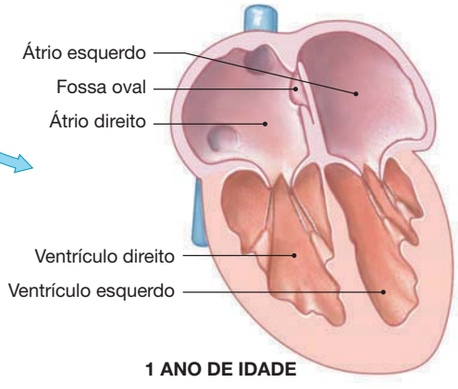


Na semana 5, os septos interatrial e interventricular começam a subdividir o interior do coração.





Dois septos interatriais se desenvolvem sobrepostos um ao outro. Um intervalo entre os dois, denominado **forame oval**, permite o fluxo de sangue a partir do átrio direito para o átrio esquerdo. O refluxo, a partir do átrio esquerdo para o direito, é evitado por um retalho de tecido que atua como uma válvula unidirecional. Até o nascimento, este "curto-circuito" atrial desvia o sangue da circulação pulmonar.

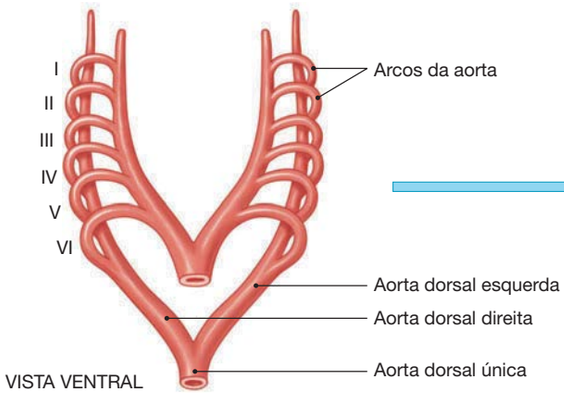


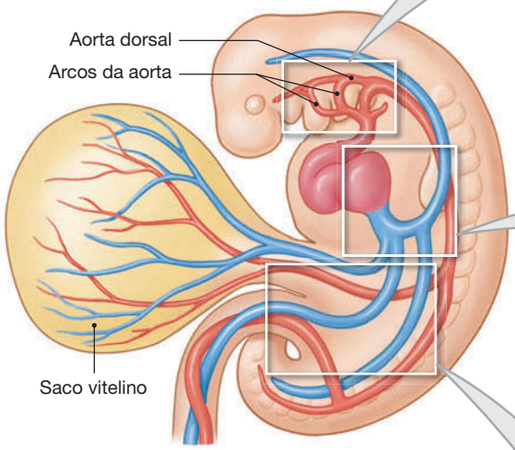
Ao nascimento, o forame oval se fecha, separando a circulação pulmonar da circulação sistêmica no coração. Uma depressão rasa, a **fossa oval**, permanece ao longo da vida adulta no local do forame oval. (Outras modificações circulatórias ao nascimento encontram-se detalhadas nas *Figuras 18.7, pág. 478, e 22.28, pág. 602.*)

O desenvolvimento do sistema circulatório

OS ARCOS DA AORTA

Um **arco da aorta** transporta sangue arterial através de cada um dos *arcos faríngeos*. Na parede dorsal da faringe, estes vasos se fundem e formam a **aorta dorsal**, que distribui sangue para o corpo. Os arcos geralmente são numerados de I a VI, correspondendo aos arcos faríngeos.

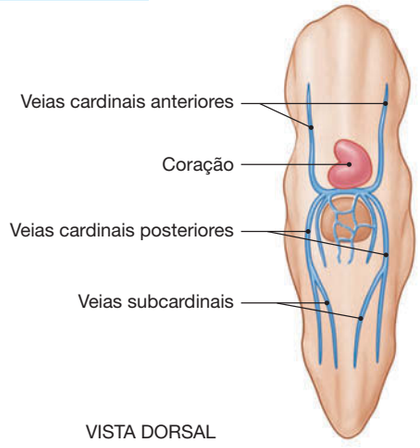




4 SEMANAS

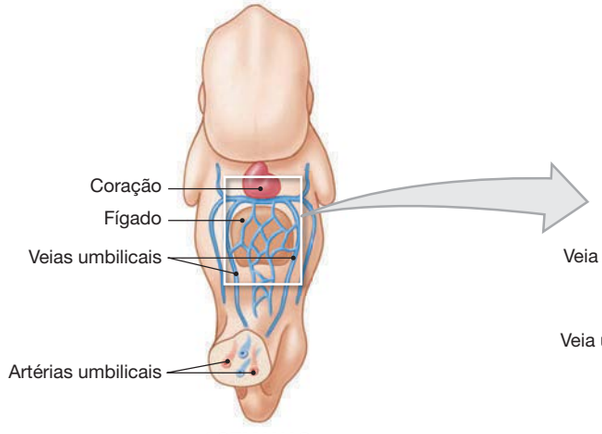
Acompanharemos o desenvolvimento dos três principais complexos vasculares: o arco da aorta, as veias cavas, os vasos umbilicais e a veia porta do fígado. (Artérias são mostradas em vermelho e veias em azul, independentemente do tipo de sangue transportado – venoso ou arterial.)

AS VEIAS CAVAS



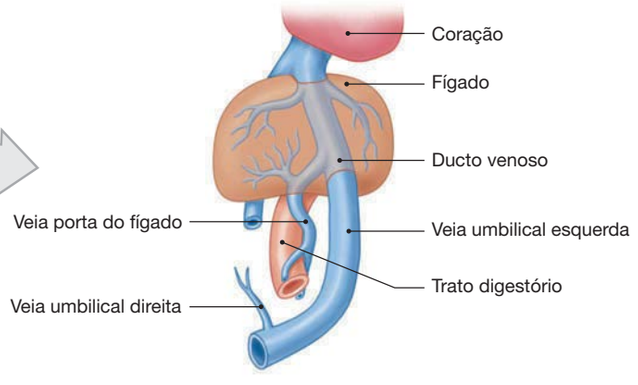
A circulação venosa inicial que drena os tecidos da parede do corpo, dos membros e dos centros da cabeça, ao redor dos pares de veias cardinais anteriores, cardinais posteriores e subcardinais.

OS VASOS UMBILICAIS E A VEIA PORTA DO FÍGADO



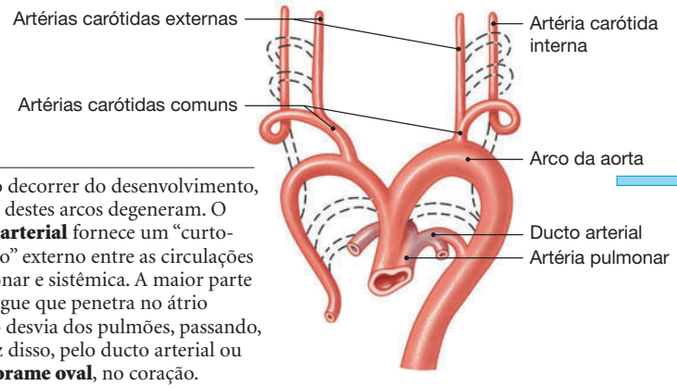
4 SEMANAS

O par de **artérias umbilicais** transporta sangue à placenta. Até a quarta semana, o par de **veias umbilicais** transporta sangue às redes capilares no fígado. As veias que fazem trajeto ao longo da extensão do trato digestório apresentam extensas intercomunicações.

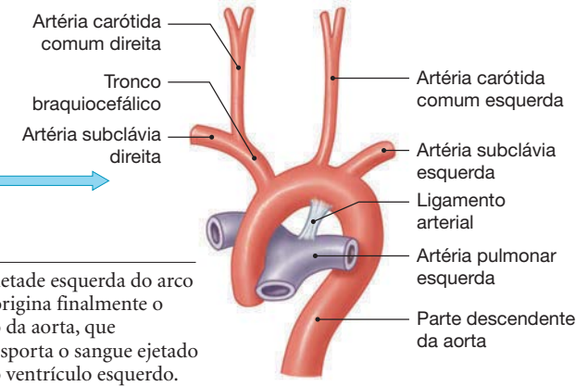


12 SEMANAS

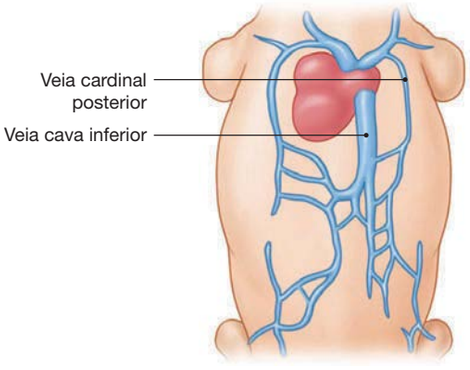
Até a 12ª semana, a veia umbilical direita se degenera e o sangue advindo da placenta faz trajeto ao longo da veia umbilical, única. O **ducto venoso** permite que alguma quantidade de sangue seja desviada do fígado. As veias que drenam o trato digestório fundiram-se, formando a veia porta do fígado.



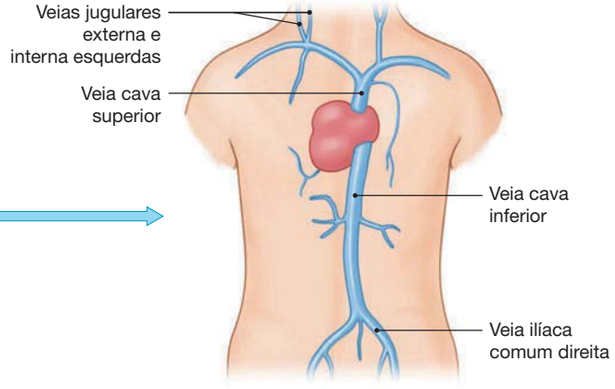
Com o decorrer do desenvolvimento, alguns destes arcos degeneram. O **ducto arterial** fornece um "curto-circuito" externo entre as circulações pulmonar e sistêmica. A maior parte do sangue que penetra no átrio direito desvia dos pulmões, passando, em vez disso, pelo ducto arterial ou pelo **forame oval**, no coração.



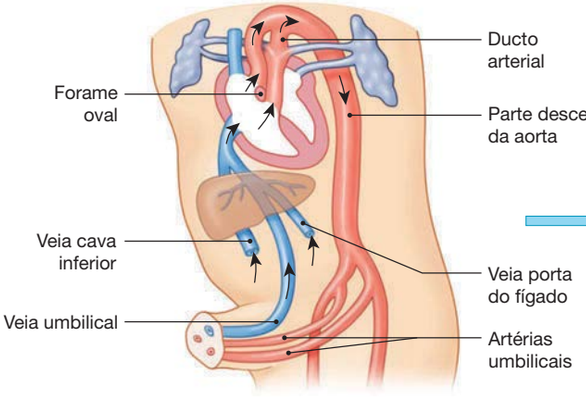
A metade esquerda do arco IV origina finalmente o arco da aorta, que transporta o sangue ejetado pelo ventrículo esquerdo.



Intercomunicações formam-se entre estas veias, e uma combinação de fusões e degenerações produz comunicações mais diretas e de maior calibre com o átrio direito.

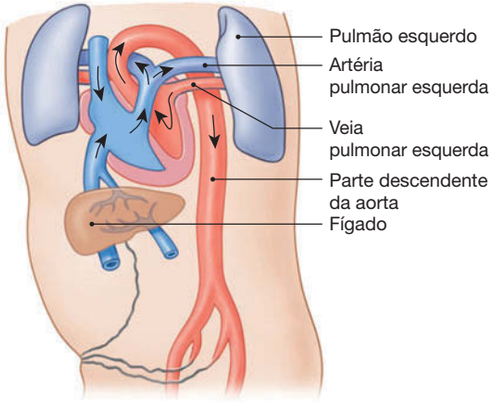


Este processo continua-se, para produzir finalmente as veias cavas superior e inferior.



FETO A TERMO

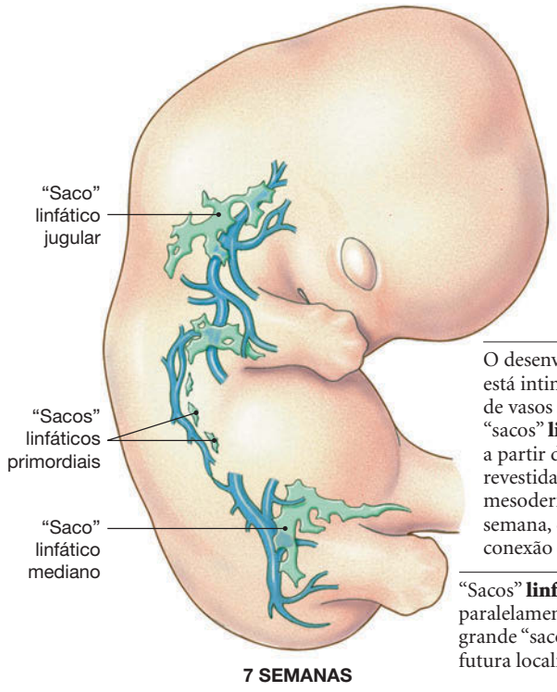
Logo antes do nascimento, o sangue que retorna da placenta passa através do fígado no ducto venoso para atingir a veia cava inferior. A maior parte do sangue drenado pelas veias cavas é desviada dos pulmões, passando pelo forame oval e pelo ducto arterial.



RECÉM-NASCIDO

Ao nascimento, a pressão nas cavidades pleurais direita e esquerda é reduzida pela expansão do tórax na primeira respiração do bebê. Os vasos pulmonares dilatam-se e o fluxo sangüíneo aos pulmões aumenta. Devido à redução da pressão no átrio direito e ao aumento no átrio esquerdo, ocorre o fechamento da válvula do forame oval. O músculo liso contrai o ducto arterial, que finalmente se transforma no **ligamento arterial**, um cordão fibroso.

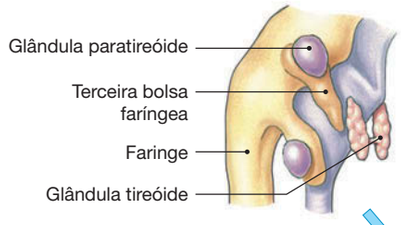
O desenvolvimento do sistema linfático



7 SEMANAS

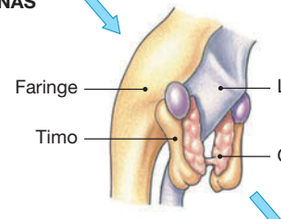
O desenvolvimento de vasos linfáticos está intimamente ligado à formação de vasos sangüíneos. Um par de "sacos" **linfáticos jugulares** se forma a partir da fusão de pequenas bolsas revestidas por endotélio no mesoderma do pescoço. Até a 7ª semana, esses "sacos" estabelecem conexão com o sistema venoso.

"Sacos" **linfáticos primordiais** formam-se paralelamente às veias do tronco, e o grande "saco" **linfático mediano** marca a futura localização da cisterna do quilo.

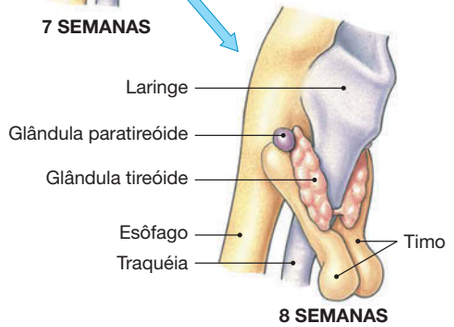


6 SEMANAS

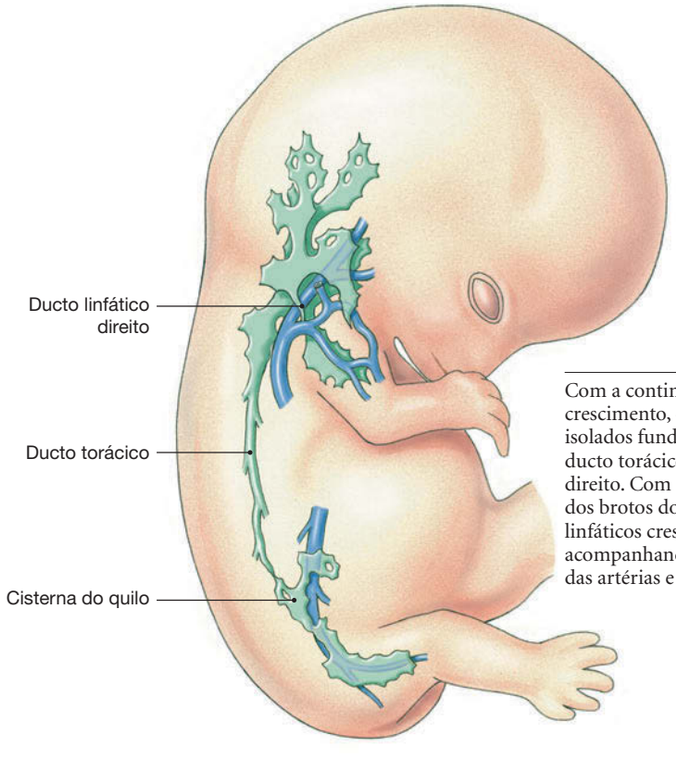
O timo é formado a partir de células da terceira bolsa faríngea. Essas células perdem suas conexões com o epitélio e se dividem repetidamente. Conforme o formato do embrião se modifica, os lobos do timo aproximam-se da linha mediana do tórax. Ao nascimento, o timo é relativamente grande, preenchendo a maior parte do mediastino anterior.



7 SEMANAS

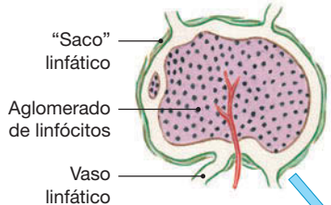


8 SEMANAS

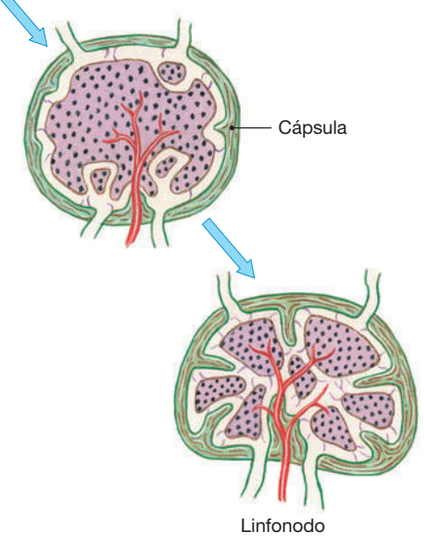


8 SEMANAS

Com a continuidade do crescimento, os "sacos" linfáticos isolados fundem-se, formando o ducto torácico e o ducto linfático direito. Com o aumento de tamanho dos brotos dos membros, os vasos linfáticos crescem nestas regiões acompanhando o desenvolvimento das artérias e das veias.

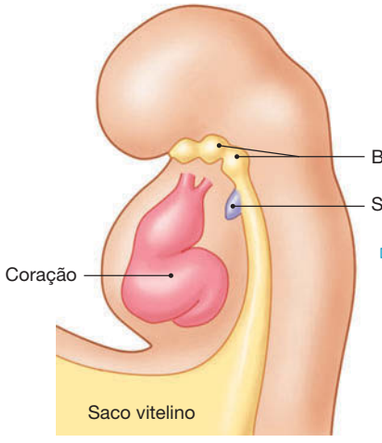


Pequenos vasos sangüíneos desenvolvem-se para o interior de áreas onde linfócitos agrupam-se dentro dos "sacos" linfáticos em desenvolvimento. Formam-se cápsulas de tecido conectivo, e a organização interna de um linfonodo surge gradualmente.



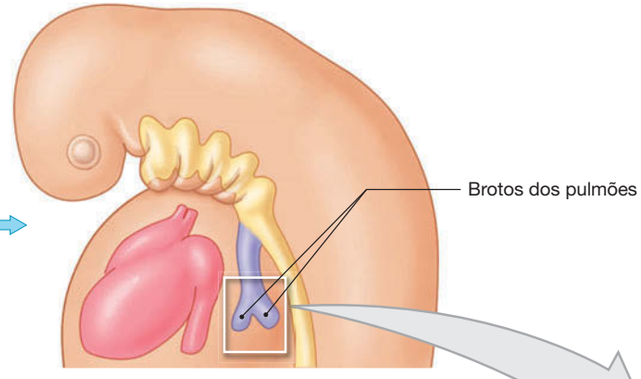
O desenvolvimento do sistema respiratório, parte I

OS PULMÕES



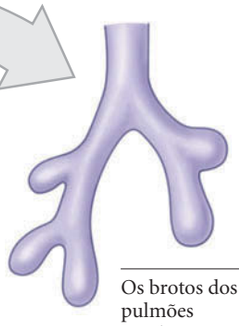
3 SEMANAS

Um **sulco pulmonar** raso surge internamente na região mediana ventral da faringe, após aproximadamente 3½ semanas de desenvolvimento. Esse sulco, localizado próximo ao nível do último arco faríngeo, aprofunda-se gradativamente.

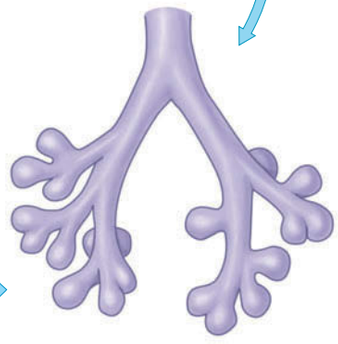


4 SEMANAS

Até a quarta semana, o sulco tornou-se uma bolsa de fundo cego, que se estende no sentido caudal, anteriormente ao esôfago. Este tubo se transformará na traquéia. Em sua extremidade, o tubo ramifica-se, formando os dois **brotos dos pulmões**.

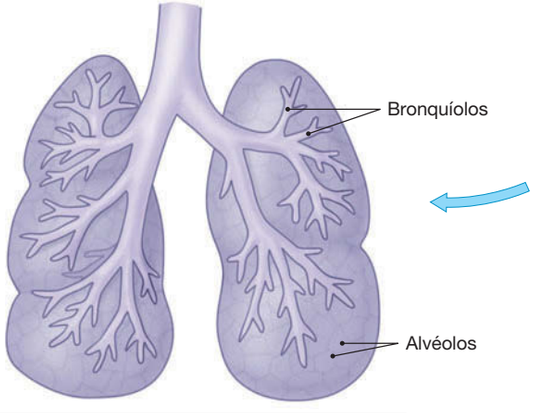


Os brotos dos pulmões continuam a alongar-se e se ramificar repetidamente.



3 MESES

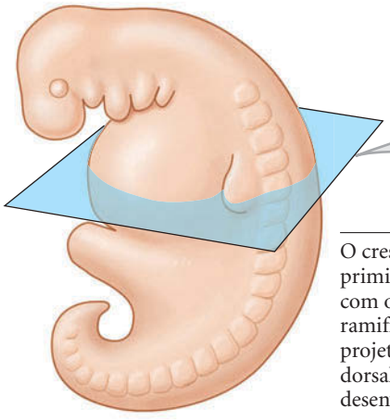
Ao final do sexto mês de desenvolvimento fetal, há cerca de um milhão de ramos terminais, e as vias condutoras de ar estão completamente formadas até o nível dos bronquíolos.



Nos próximos três meses, cada um dos bronquíolos origina várias centenas de alvéolos. Este processo continua por um período variável de tempo até o nascimento.

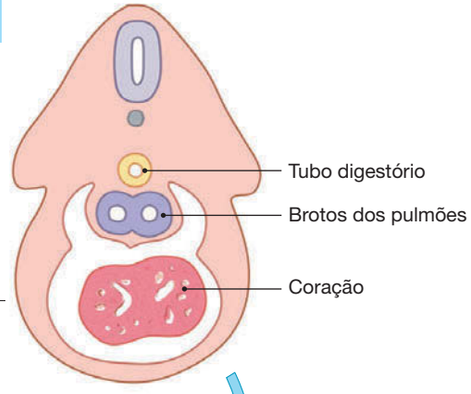
O desenvolvimento do sistema respiratório, parte II

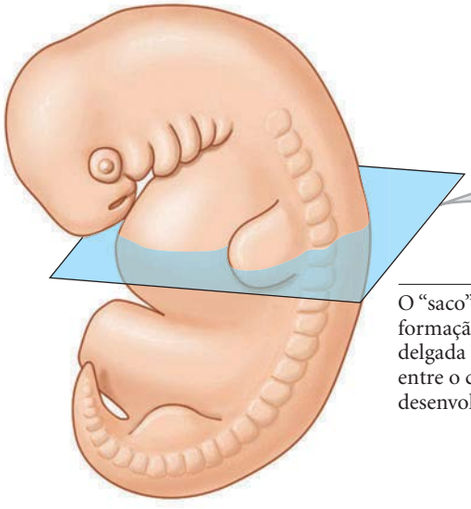
AS CAVIDADES PLEURAIS



4 SEMANAS

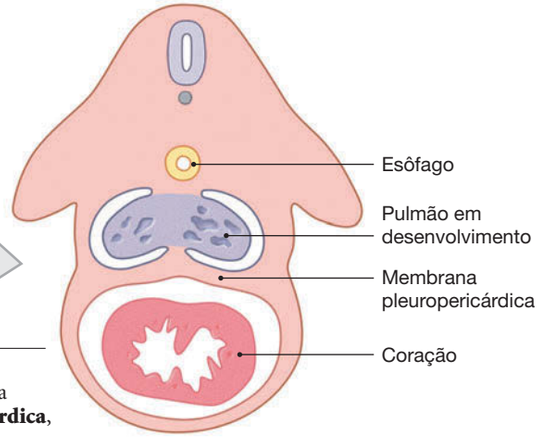
O crescimento longitudinal do tubo primitivo o conduz ao mediastino e, com o prosseguimento do processo de ramificação, os brotos dos pulmões projetam-se na cavidade ventral, dorsalmente ao coração em desenvolvimento.

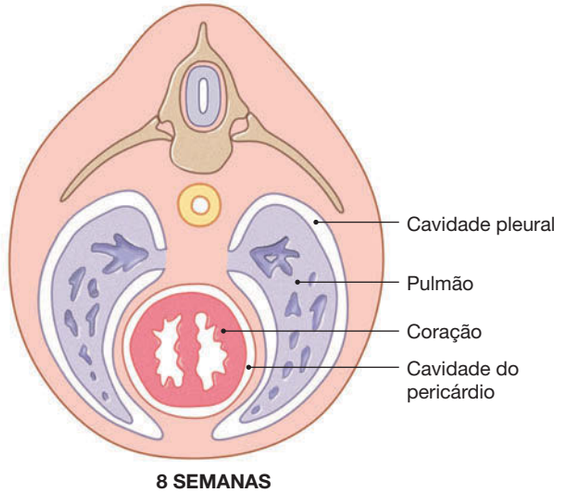




6 SEMANAS

O "saco" pericárdico inicia sua formação na 6ª semana, como uma delgada **membrana pleuropericárdica**, entre o coração e os pulmões em desenvolvimento.

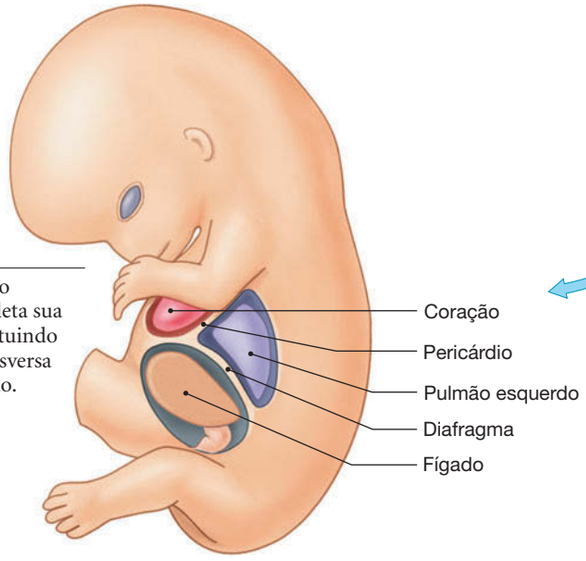




8 SEMANAS

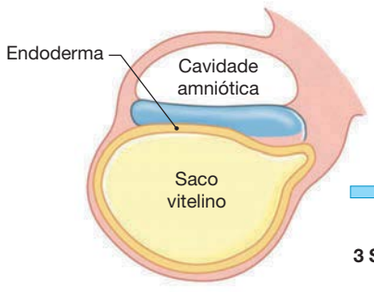
Até a 8ª semana, o "saco" pericárdico está formado e a cavidade do pericárdio está isolada do restante da cavidade ventral do corpo. O diafragma, então, completa sua formação, fixando-se ao "saco" pericárdico e a outros tecidos no mediastino. Estas fixações separam a cavidade abdominopélvica das cavidades pleurais.

Até a 9ª semana, o diafragma completa sua formação, constituindo uma lâmina transversa superior ao fígado.

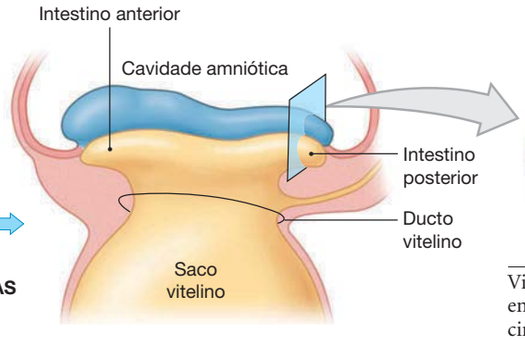


9 SEMANAS

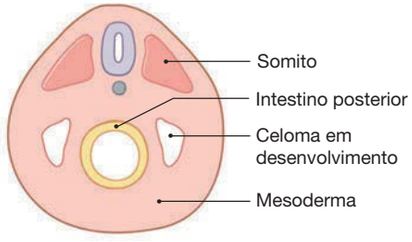
O desenvolvimento do sistema digestório, parte I



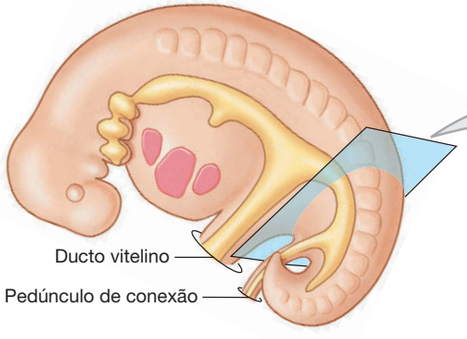
Até a terceira semana, as células endodérmicas migraram ao redor do interior do *blastocisto*, completando a formação de uma bolsa conhecida como **saco vitelino**.

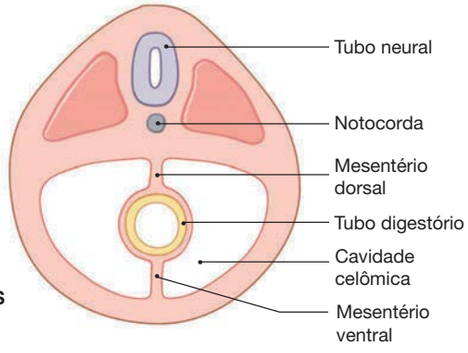


Conforme o embrião se forma no *disco embrionário*, duas bolsas de endoderma são criadas: o **intestino anterior** e o **intestino posterior**. Uma ampla conexão entre essas bolsas e o saco vitelino permanece no interior do **ducto vitelino**.

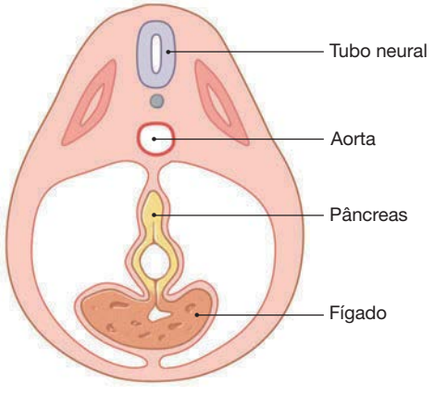


Visto em secção transversal, o intestino embrionário é um tubo endodérmico simples circundado por mesoderma. Cavidades que surgem no interior do mesoderma criam o *celoma* (cavidade ventral do corpo).

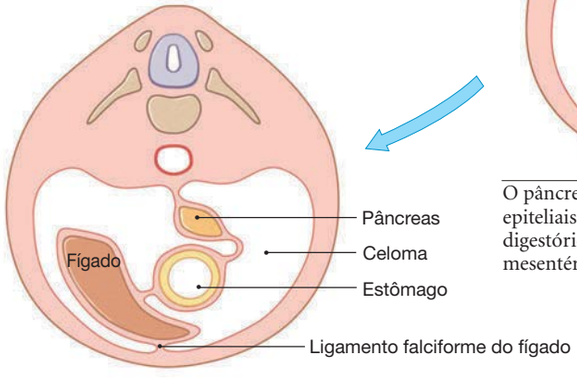


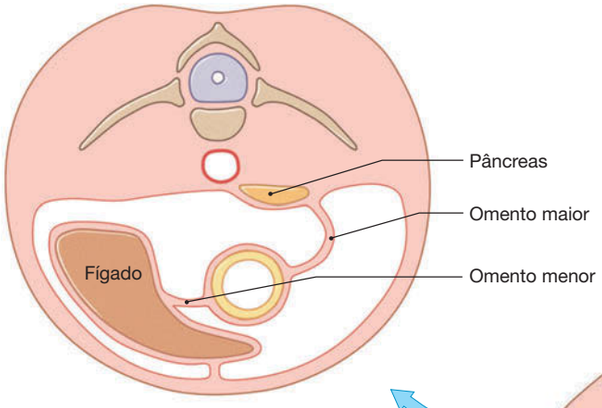


O tubo digestório permanece suspenso no celoma por um **mesentério dorsal** e um **mesentério ventral**. O mesentério ventral se desintegra em todos os lugares, exceto onde grandes vasos ou vísceras se desenvolveram no seu interior. Ele permanece intacto ao longo do trajeto das *artérias umbilicais* e onde a *veia umbilical* e o fígado se desenvolvem.



O pâncreas e o fígado iniciam-se como bolsas epiteliais que crescem a partir do tubo digestório, distanciando-se dele no interior dos mesentérios dorsal e ventral, respectivamente.

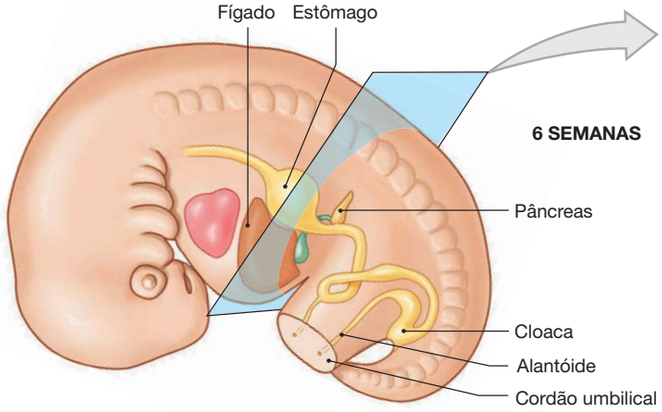




Com o crescimento do embrião, o estômago e o fígado rodam para a direita, o que origina duas expansões dos mesentérios primitivos dorsal e ventral, denominadas respectivamente omento maior e omento menor.

O desenvolvimento do sistema digestório, parte II

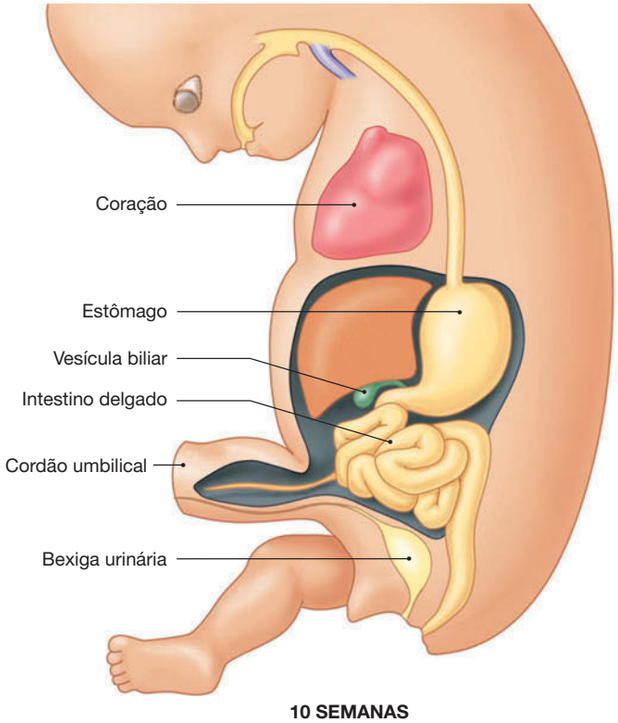
O intestino primitivo começa a se alongar, e com a separação do mesentério ventral, ele exerce pressão e se projeta para fora no cordão umbilical. O alongamento e o enovelamento do intestino continuam a ocorrer fora do corpo do embrião.



Veja a secção do embrião de 4 semanas na Parte I.

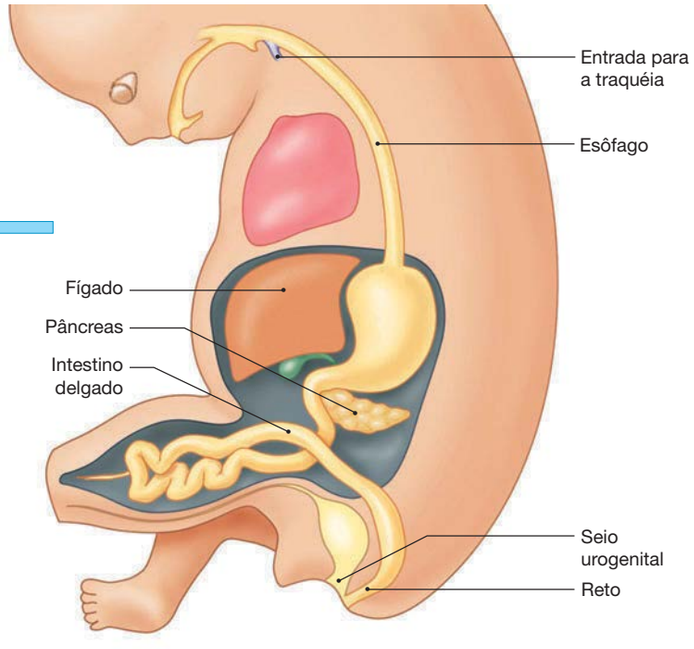
6 SEMANAS

O intestino posterior estende-se para o interior da cauda, onde forma uma grande câmara, a **cloaca**. Uma extensão tubular da cloaca, a **alantóide** (*allantos*, salsicha), projeta-se, distanciando-se do corpo e em direção ao **pedúnculo de conexão**. A fusão do ducto vitelino e do pedúnculo de conexão originará o **cordão umbilical**.



10 SEMANAS

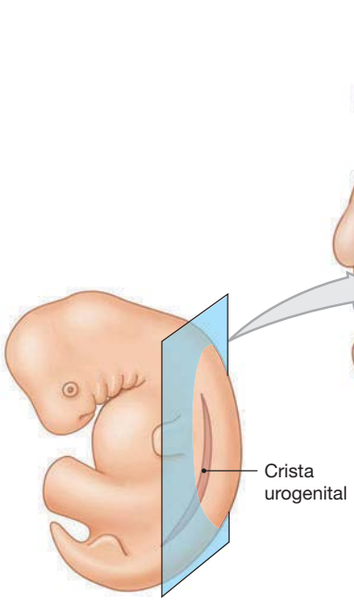
Até a 10ª semana, o intestino começa a se movimentar para a região posterior da cavidade celômica, porém seu crescimento longitudinal continua.



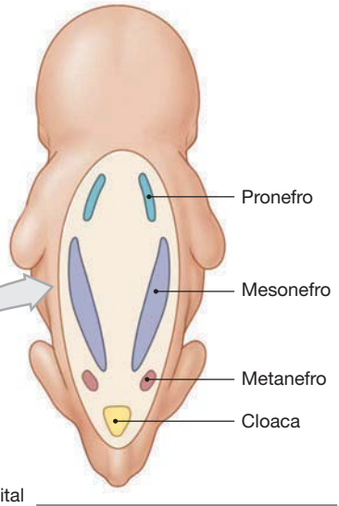
8 SEMANAS

Um septo (septo urorretal) desenvolve-se no interior da cloaca, dividindo-a em duas regiões: uma posterior, o reto, e uma anterior, o **seio urogenital**, que mantém uma comunicação com a alantóide.

O desenvolvimento do sistema urinário, parte I

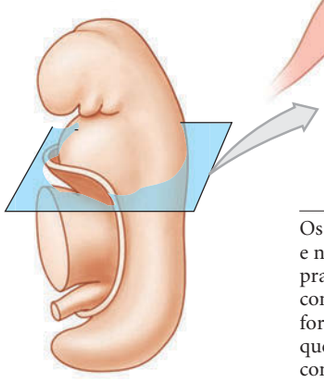


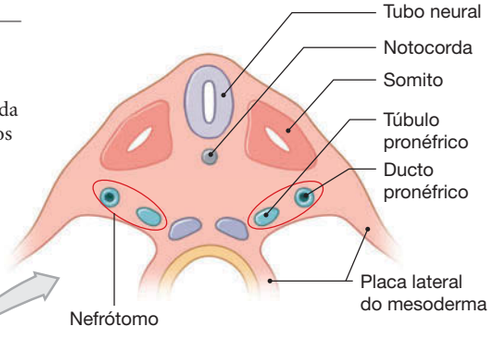
Os rins desenvolvem-se em fases, ao longo do eixo da **crista urogenital**, uma área espessada subjacente à parede dorsolateral da cavidade celômica.



O desenvolvimento dos rins prossegue ao longo do eixo crânio-caudal desta crista, iniciando-se com a formação do **pronefro**, continuando-se ao longo do **mesonefro** e terminando com o desenvolvimento do **metanefro**.

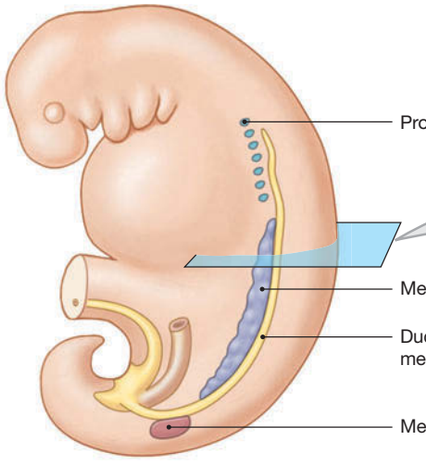
O pronefro consiste em uma série de túbulos (geralmente sete pares) que surge no interior do **nefrótomo**, a banda estreita de mesoderma entre os somitos e a placa lateral.



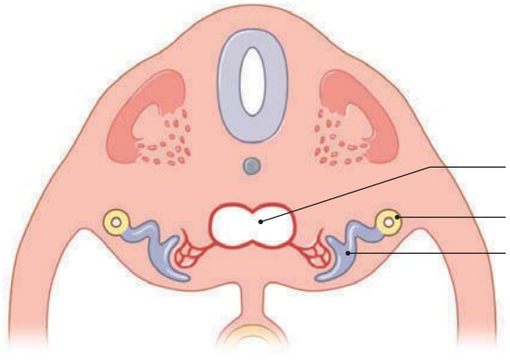


Os túbulos pronéfricos são muito pequenos e não-funcionais, desintegrando-se praticamente ao mesmo tempo. A única contribuição importante do pronefro é a formação de um par de **ductos pronéfricos** que crescem no sentido caudal até se comunicarem com a *cloaca*.

3½ SEMANAS



O mesoderma dos nefrótomos do metanefro forma uma densa massa sem vestígios de organização segmentar; ele se tornará o rim funcional no adulto.

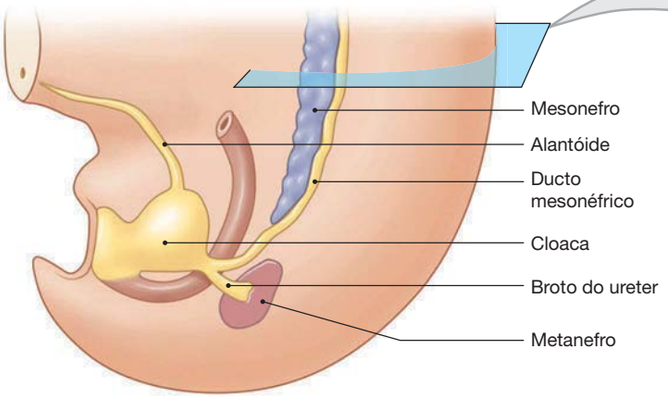


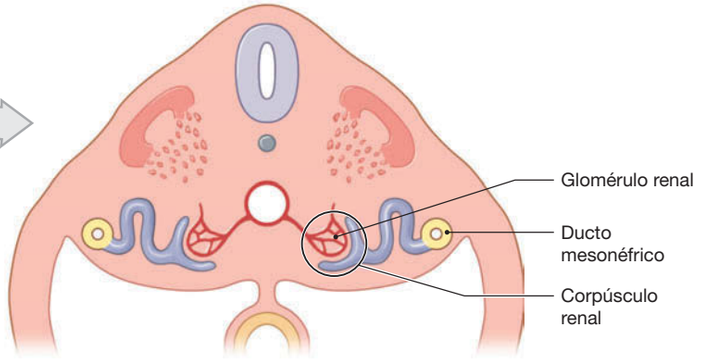
Após aproximadamente quatro semanas de desenvolvimento, o mesoderma na região média ao longo da crista urogenital começa a se organizar no mesonefro. De cada um dos lados da linha mediana, aproximadamente 70 túbulos crescem dentro destes segmentos. Esses túbulos crescem em direção ao ducto pronéfrico adjacente e fundem-se com ele. A partir deste momento, o ducto é denominado **ducto mesonéfrico**.

4 SEMANAS

O desenvolvimento do sistema urinário, parte II

O **broto do ureter**, ou *divertículo metanéfrico*, forma-se na parede de cada ducto mesonéfrico, e este tubo cego alonga-se e se ramifica dentro do metanefro adjacente. Túbulos desenvolvem-se dentro do metanefro e, então, se comunicam com o ramo terminal do broto do ureter.

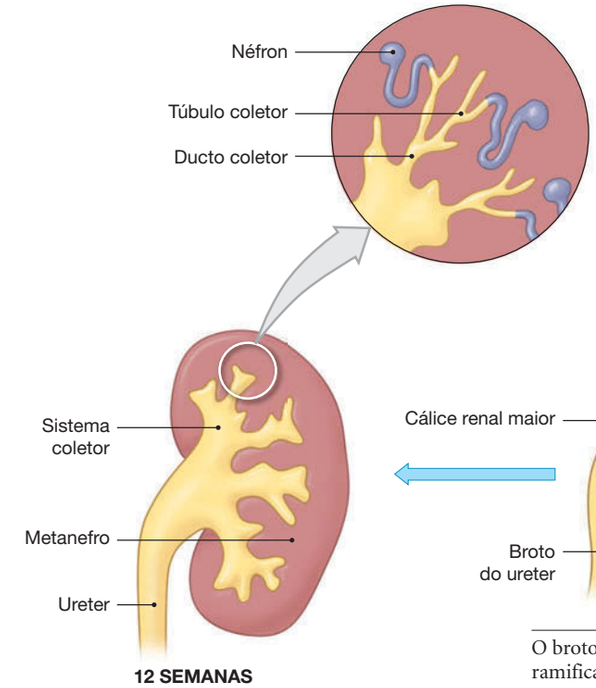




Em cada segmento, um ramo da aorta cresce em direção ao nefrótomo, e os túbulos formam néfrons grandes com enormes glomérulos renais. Da mesma forma que o pronefro, o mesonefro não persiste, e quando os últimos segmentos do mesonefro estão se formando, os primeiros já estão começando a se degenerar.

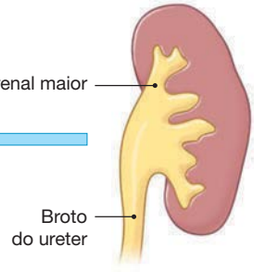
A maioria dos resíduos metabólicos produzidos pelo embrião em desenvolvimento passa através da placenta e entra na circulação materna. A pequena quantidade de urina produzida pelos rins acumula-se no interior da cloaca e da *alantóide*, um "saco" revestido por endoderma que se estende para o interior do cordão umbilical.

6 SEMANAS

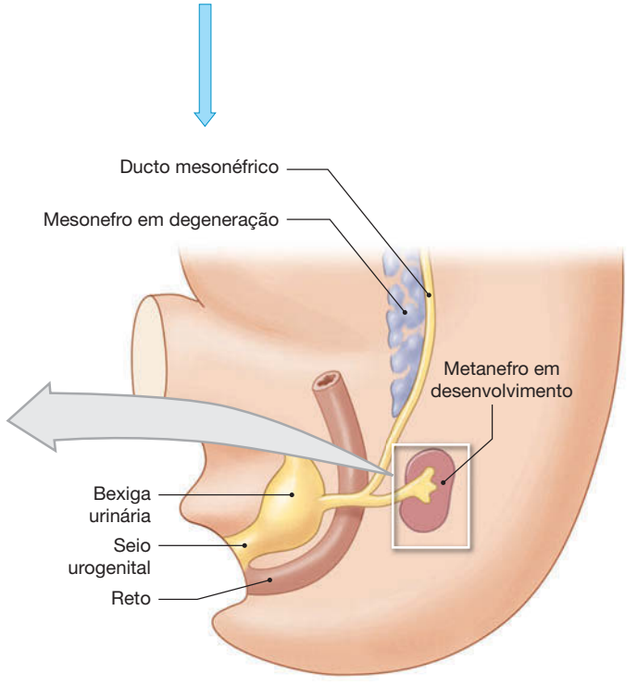


12 SEMANAS

Os rins começam a produzir filtrado por volta do terceiro mês de desenvolvimento. O filtrado não contém produtos residuais, uma vez que estes são excretados na placenta para remoção e eliminação pelos rins da mãe. O filtrado estéril mistura-se ao líquido amniótico, é deglutido pelo feto e reabsorvido através do revestimento do trato digestório.



O broto do ureter ramifica-se no interior do metanefro, originando os cálices renais e o sistema coletor. Os néfrons que se formam no interior do mesoderma do metanefro continuam-se nos túbulos coletores.



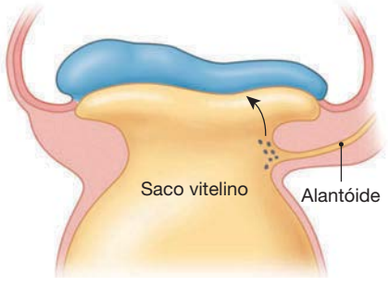
8 SEMANAS

Próximo ao final do segundo mês de desenvolvimento, a cloaca está subdividida no reto, na porção dorsal, e no **seio urogenital**, na parte ventral. A porção proximal da alantóide persiste como **bexiga urinária**; a comunicação entre a bexiga urinária e uma abertura na superfície do corpo formará a **uretra**.

O desenvolvimento do sistema genital

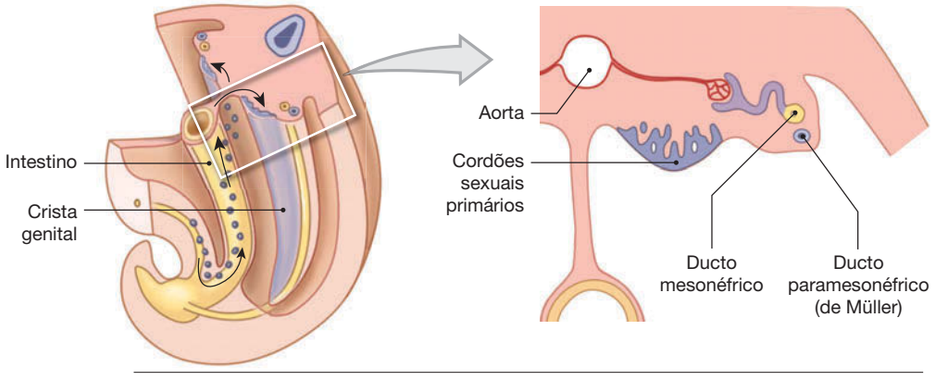
FASE SEXUAL INDIFERENCIADA (DA 3ª À 6ª SEMANA)

DESENVOLVIMENTO DAS GÔNADAS



3 SEMANAS

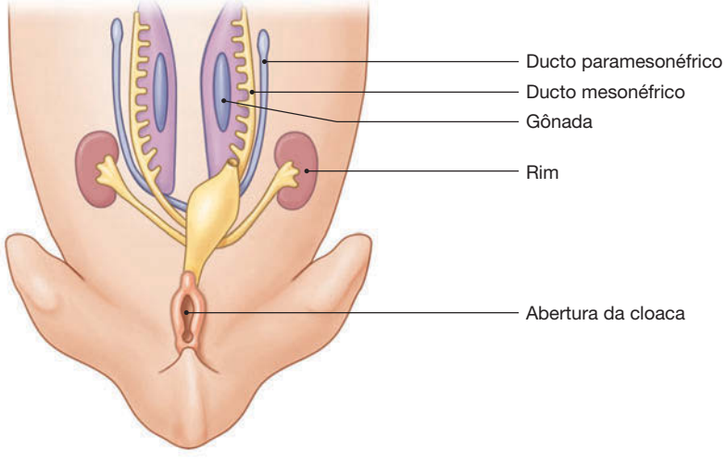
Durante a terceira semana, células do endoderma migram a partir da parede do saco vitelino, nas proximidades da alantóide, para a parede posterior da cavidade abdominal. Estas células germinativas primordiais entram nas **cristas genitais** que se dispõem paralelamente ao mesonefro.



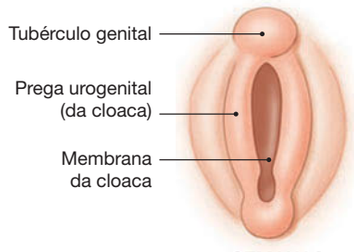
Cada crista apresenta um epitélio espesso, contínuo com colunas de células, os **cordões sexuais primários** (ou **primitivos**), que se estendem para o interior da região central (medula) da crista. Anteriormente a cada ducto mesonéfrico, um ducto se forma sem nenhuma comunicação com os rins. Este é o **ducto paramesonéfrico** (de Müller), que se estende ao longo da crista genital e continua seu crescimento em direção à cloaca. Nesta fase sexual indiferenciada, não é possível a distinção entre embriões masculinos e femininos.

DESENVOLVIMENTO DE DUCTOS E ÓRGÃOS ACESSÓRIOS

Ambos os gêneros (sexos) apresentam ductos mesonéfricos e paramesonéfricos nesta fase. A menos que haja exposição a andrógenos, o embrião – independentemente da determinação sexual genética – se desenvolverá para formar uma mulher. Em um embrião masculino normal, células da região central (medula) da crista genital começam a produzir testosterona, algumas vezes após a 6ª semana. A testosterona deflagra as modificações nos sistemas de ductos e nos órgãos genitais externos que são detalhadas na próxima página.

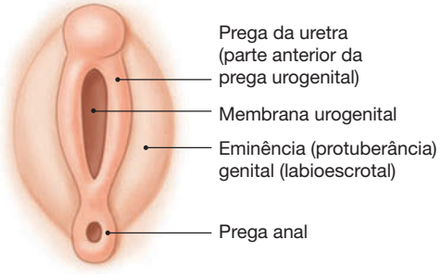


DESENVOLVIMENTO DE ÓRGÃOS GENITAIS EXTERNOS



4 SEMANAS

Após quatro semanas de desenvolvimento, existem saliências de mesênquima denominadas **pregas urogenitais** (**da cloaca**) ao redor da **membrana da cloaca** (a cloaca não está aberta para o meio externo). O **tubérculo genital** forma a glande do pênis no homem e o clitóris na mulher.



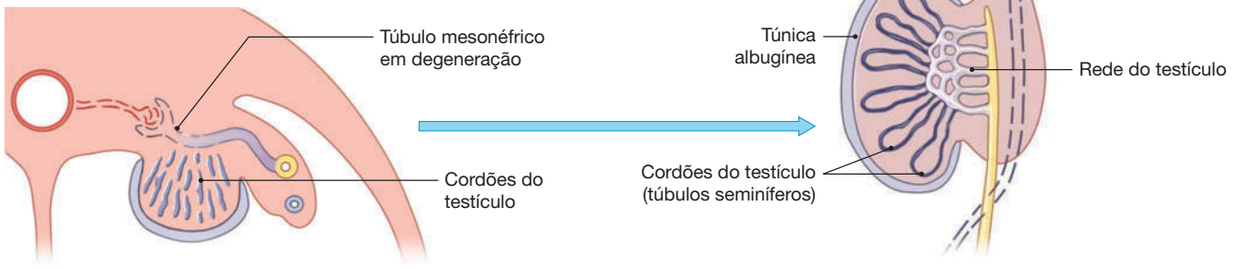
6 SEMANAS

Duas semanas depois, a cloaca foi subdividida, havendo a separação da membrana da cloaca em uma *membrana anal*, posterior, delimitada pelas *pregas anais*, e uma **membrana urogenital**, anterior, delimitada pelas **pregas urogenitais**. Uma proeminente **eminência genital** forma-se lateralmente a cada prega urogenital.

O desenvolvimento do sistema genital

O DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA GENITAL MASCULINO

O DESENVOLVIMENTO DO TESTÍCULO



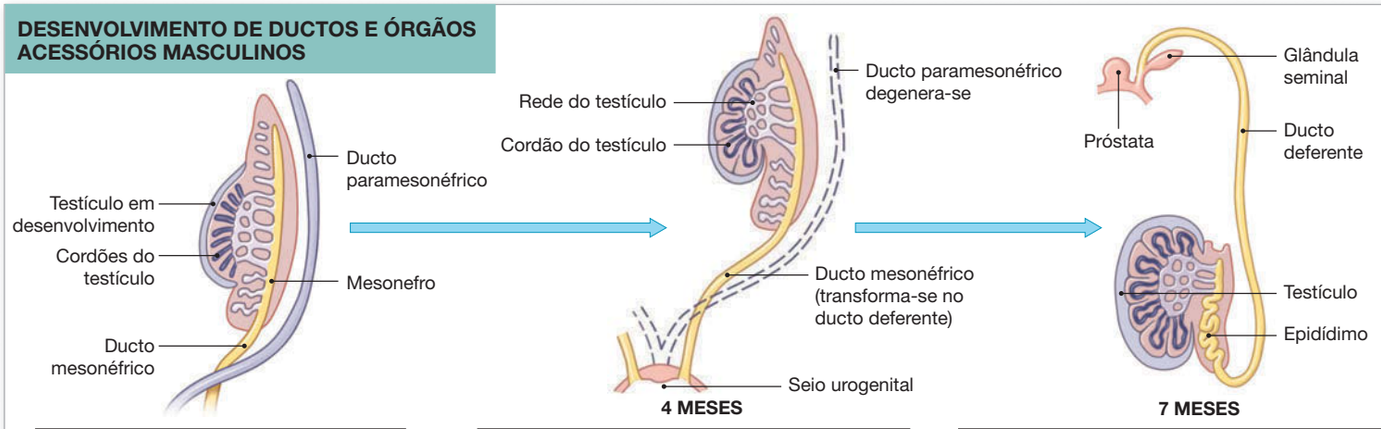
7 SEMANAS

No homem, os cordões sexuais primários proliferam-se e as células germinativas migram para o interior desses cordões sexuais. Como resultado, originam-se os cordões do testículo, que formarão os túbulos seminíferos.

12 SEMANAS

Comunicações formam-se entre os cordões do testículo, arqueados, e os néfrons mesonéfricos adjacentes. Ainda que esses néfrons se degenerem mais tarde, os túbulos seminíferos permanecem em comunicação com o ducto mesonéfrico.

DESENVOLVIMENTO DE DUCTOS E ÓRGÃOS ACESSÓRIOS MASCULINOS



Vista dos testículos e ductos do lado esquerdo em secção frontal. Observe a localização e a orientação do mesonefro em relação ao testículo em desenvolvimento.

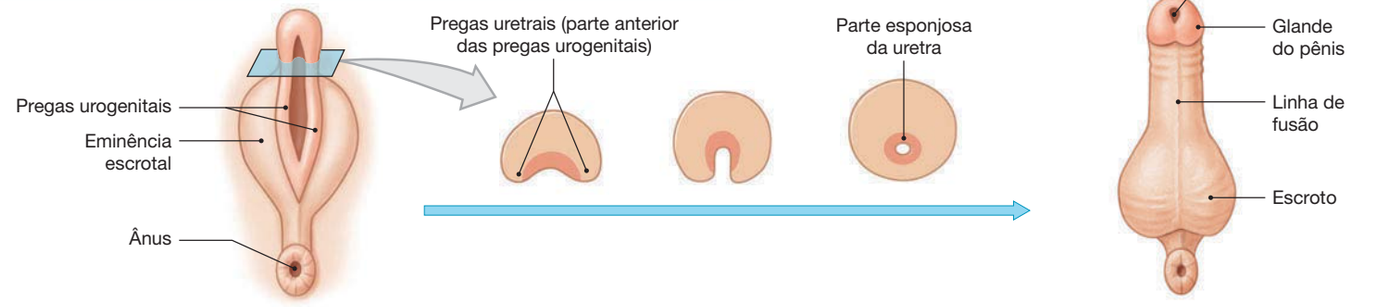
4 MESES

Após quatro meses de desenvolvimento, os cordões do testículo comunicam-se com os remanescentes dos túbulos mesonéfricos através da rede do testículo. O ducto paramesonéfrico (de Müller) se degenerou.

7 MESES

Após a organização definitiva, os testículos descem para o escroto (*consulte a Figura 27.2, pág. 717*). Observe as relações entre os órgãos genitais definitivos e as estruturas embrionárias correspondentes.

DESENVOLVIMENTO DE ÓRGÃOS GENITAIS EXTERNOS MASCULINOS



10 SEMANAS

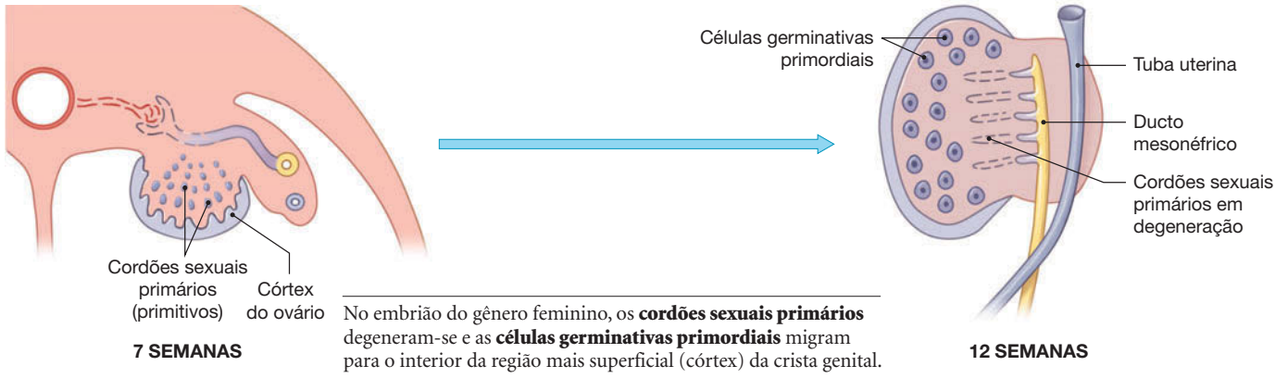
Na 10ª semana, o **tubérculo genital** aumentou de tamanho, as extremidades das pregas urogenitais estão se aproximando para formar a parte esponjosa da uretra (veja imagens em secção), e o par de **eminências escrotais** desenvolveu-se a partir das eminências genitais.

NASCIMENTO

No recém-nascido do gênero masculino, a linha de fusão entre as pregas urogenitais é bastante evidente.

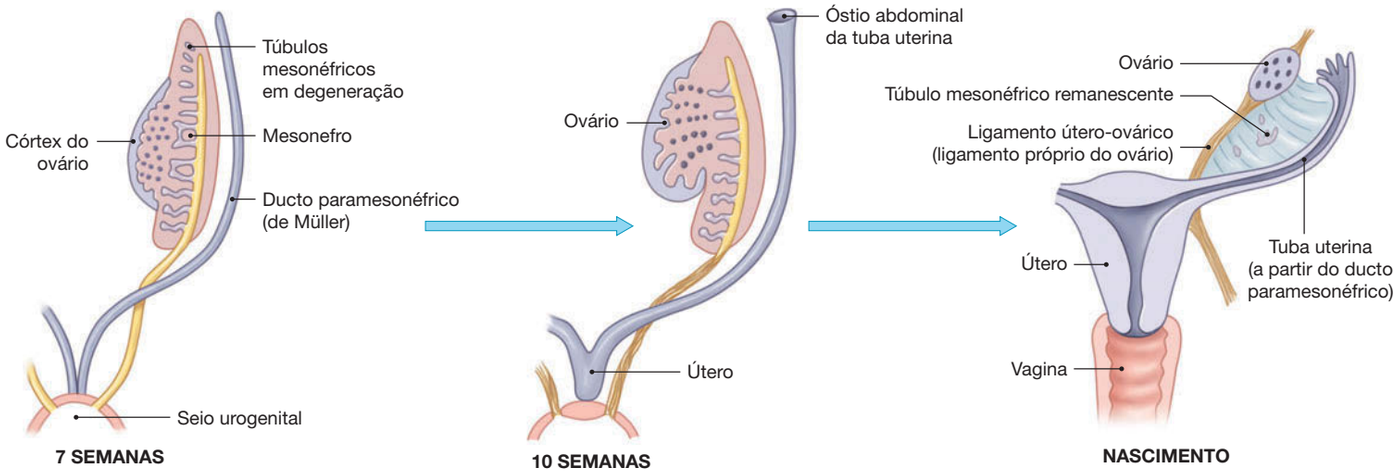
O DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA GENITAL FEMININO

O DESENVOLVIMENTO DO OVÁRIO



No embrião do gênero feminino, os **cordões sexuais primários** degeneram-se e as **células germinativas primordiais** migram para o interior da região mais superficial (córtex) da crista genital.

DESENVOLVIMENTO DE DUCTOS E ÓRGÃOS ACESSÓRIOS FEMININOS

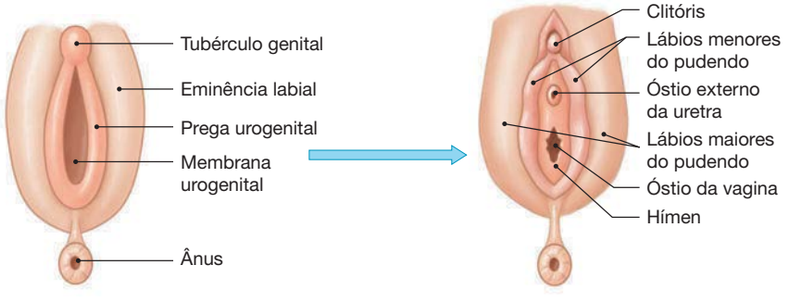


Os túbulos mesonéfricos e o ducto mesonéfrico se degeneram; o ducto paramesonéfrico (de Müller) desenvolve uma abertura larga para a cavidade peritoneal. Observe a fusão dos ductos paramesonéfricos e a separação da câmara comum, que formará o útero a partir do seio urogenital.

COMPARAÇÃO ENTRE OS ÓRGÃOS GENITAIS EXTERNOS MASCULINOS E FEMININOS

HOMEM	MULHER
Pênis	Clitóris
Corpos cavernosos	Tecido erétil
Corpo esponjoso	Bulbo do vestíbulo
Glande do pênis	Lábios menores do pudendo
Parte esponjosa da uretra	Vestíbulo da vagina
Glândulas bulbouretrais	Glândulas vestibulares maiores
Escroto	Lábios maiores do pudendo

DESENVOLVIMENTO DE ÓRGÃOS GENITAIS EXTERNOS FEMININOS



Na mulher, as pregas urogenitais não se fundem e desenvolvem-se para formar os lábios menores do pudendo. As eminências labiais formarão os lábios maiores do pudendo. O tubérculo genital se desenvolve no clitóris. A uretra abre-se no meio exterior imediatamente posterior ao clitóris. O hímen permanece como uma formação da membrana urogenital.

TERMOS CLÍNICOS

Amniocentese: Uma análise das células fetais, colhidas de uma amostra de líquido amniótico.

Biópsia das vilosidades coriônicas: Análise das células das vilosidades coriônicas, coletadas durante o primeiro trimestre.

Gravidez ectópica: Uma gestação na qual a implantação ocorre em outro local que não o útero.

Índice de Apgar: Um método de avaliação de recém-nascidos; um teste para detecção de problemas de desenvolvimento e lesões neurológicas.

Malformação congênita: Anomalia estrutural grave, presente ao nascimento, que afeta os sistemas do corpo.

Parto de apresentação pélvica (de nádegas): Um parto em que os membros inferiores ou as nádegas do feto são as primeiras estruturas a entrarem na cavidade da vagina.

Placenta abrupta: Descolamento da placenta, algumas vezes após o quinto mês gestacional.

Placenta prévia: Condição resultante da implantação no colo do útero, ou em uma região próxima a ele.

Placenta prévia total: Uma variação da placenta prévia, na qual a placenta se estende através do óstio anatômico interno do útero.

Pré-eclâmpsia: Desenvolvimento de hipertensão com edema ou proteinúria (presença de proteína na urina) devida à gravidez ou à influência exercida por uma gravidez recente.

Síndrome alcoólica fetal: Uma alteração neonatal resultante do consumo de álcool pela mãe; caracterizada por defeito de desenvolvimento que envolve freqüentemente os sistemas esquelético, nervoso e/ou circulatório.

Teratógenos: Estímulos que desorganizam o desenvolvimento normal, pela lesão de células, alterando a estrutura cromossômica ou o ambiente químico do embrião.

RESUMO PARA ESTUDO

Introdução 748

1. **Desenvolvimento** é a modificação gradual das características físicas e fisiológicas desde a concepção até a maturidade. A criação de diferentes tipos de células durante o desenvolvimento é denominada **diferenciação**.

Uma visão geral do desenvolvimento 748

1. O desenvolvimento começa na **concepção** (fertilização) e pode ser dividido em desenvolvimento **pré-natal** (antes do nascimento) e **pós-natal** (desde o nascimento até a maturidade).

Fertilização 748

1. A fertilização normalmente ocorre na ampola da tuba uterina, dentro de um dia após a ovulação. O espermatozóide não pode fertilizar um oócito (óvulo) a menos que ele tenha passado pela *capacitação*. Aproximadamente 200 milhões de espermatozóides são ejaculados no interior da vagina, e somente ao redor de 100 atingirão a ampola da tuba uterina. Um homem com menos de 20 milhões de espermatozóides por mililitro é funcionalmente **estéril**.

O oócito na ovulação 748

2. O acrossomo do espermatozóide libera **hialuronidase**, uma enzima que separa as células da coroa radiada e expõe a membrana do oócito. Quando um único espermatozóide entra em contato com a membrana, ocorre a **fertilização** e, em seguida, a **ativação do oócito**. *(ver Figura 28.1)*

Formação do pró-núcleo e anfimixia 748

3. Durante a ativação, o oócito secundário completa a meiose. O **pró-núcleo feminino** funde-se, então, com o **pró-núcleo masculino**, um processo denominado **anfimixia**. *(ver Figura 28.1)*

Desenvolvimento pré-natal 749

1. O período de **gestação** de nove meses pode ser dividido em três **trimestres**.

O primeiro trimestre 750

2. O **primeiro trimestre** é o período mais crítico da vida pré-natal. A **clivagem** é uma série de divisões mitóticas que transforma o zigoto em um **blastocisto**. Durante a implantação, o blastocisto se abriga no interior do endométrio uterino. A **placentação** ocorre à medida que os vasos se formam ao redor do blastocisto e a **placenta** se desenvolve. A **embriogênese** é a formação de um embrião viável.
3. O blastocisto consiste em um **trofoblasto** (massa celular externa) e uma **massa celular interna** (embrioblasto), a qual está aglomerada em uma das extremidades, nas proximidades de uma cavidade (a **blastocele**). (*ver Figura 28.2 e Tabela 28.1)*
4. Quando o blastocisto adere ao revestimento do útero, o trofoblasto adjacente ao endométrio sofre alterações e se transforma em um **sinciciotrofoblasto**, que então passa a escavar um trajeto em direção ao interior do epitélio uterino. Com o crescimento e a disseminação do trofoblasto, o sangue materno flui através dos canais trofoblásticos, ou **lacunas**. O blastocisto organiza-se em camadas e torna-se um **disco germinativo (blastodisco)**. Após a **gastrulação**, o disco germinativo (blastodisco) contém um embrião constituído pelas camadas de **endoderma**, **mesoderma** e **ectoderma**. Estas **camadas germinativas** contribuem para a formação de quatro **membranas extra-embrionárias**: o saco vitelino, o âmnio, a alantóide e o cório. *(ver Figuras 28.3 a 28.5 e Tabela 28.1)*
5. O **saco vitelino** é um local importante de formação de células sangüíneas. O **âmnio** contém o líquido que circunda e protege o embrião em desenvolvimento. A base da **alantóide** dá origem, posteriormente, à bexiga urinária. A circulação no interior dos vasos do **cório** proporciona um sistema de trânsito rápido ligando o embrião ao trofoblasto. *(ver Figuras 28.4/28.5)*
6. As **vilosidades coriônicas** estendem-se para fora, em direção ao interior dos tecidos maternos, formando uma rede intrincada e produzindo ramificações através das quais flui o sangue materno. O **pedúnculo de conexão** e o **ducto vitelino** comunicam o embrião com o cório e com o saco vitelino, respectivamente. Com a continuidade do desenvolvimento, o **cordão umbilical** conecta o feto à placenta. O fluxo sangüíneo se faz através das artérias umbilicais e da veia umbilical, e as difusões ocorrem nas vilosidades coriônicas. A placenta sintetiza GCH, estrógenos, progestinas, LPH e relaxina. *(ver Figuras 28.5/28.6)*
7. O **embrião**, que apresenta uma **prega da cabeça (cefálica)** e uma **prega da cauda (caudal)**, passará por modificações críticas ao longo do primeiro trimestre de desenvolvimento. Os eventos que ocorrem nas primeiras 12 semanas estabelecem a base para a **organogênese** (formação dos órgãos) (*ver Figuras 28.5b,c/28.7 e Tabela 28.2*)
8. A organogênese de todos os sistemas do corpo ocorre durante o primeiro trimestre, e os sistemas de órgãos do feto estão desenvolvidos e plenamente funcionais ao final do terceiro trimestre. (*ver Tabela 28.2 e Resumos de Embriologia*)

O segundo e o terceiro trimestres 757

9. No **segundo trimestre**, os sistemas de órgãos estão praticamente completando seu desenvolvimento funcional e o feto cresce rapidamente. Durante o **terceiro trimestre**, os sistemas de órgãos tornam-se funcionais e o feto passa por uma fase de ganho de peso mais acentuado. *(ver Figuras 28.7 a 28.9, Tabela 28.2 e Resumos de Embriologia)*
10. Ao final da gestação, o útero apresentará aproximadamente 30 cm de comprimento e conterá cerca de 5 litros de líquido. (*ver Figura 28.9*)

Trabalho de parto 760

1. O objetivo do *trabalho de parto verdadeiro* é a **parturição**, a expulsão forçada do feto.

Fases do trabalho de parto 760

2. O trabalho de parto é dividido em três fases: **fase de dilatação**, **fase de expulsão** e **fase placentária**. A fase de dilatação, na qual o colo do útero sofre dilatação, dura aproximadamente oito horas ou mais. O estágio de expulsão envolve o **nascimento** do feto. A placenta é eliminada durante a fase placentária. (*ver Figura 28.10*)

Trabalho de parto prematuro 762

3. O **trabalho de parto prematuro** ocorre antes que o feto tenha se desenvolvido completamente. O **parto prematuro** produz um recém-nascido que pesa mais de 1 kg, podendo ou não sobreviver.

O período neonatal 763

1. O **período neonatal** se estende desde o nascimento até a idade de um mês.
2. Na transição do estado de feto para o de **neonato**, os sistemas respiratório, circulatório, digestório e urinário sofrem intensas modificações até que comecem a funcionar independentemente. O recém-nascido também precisa iniciar sua termorregulação.

REVISÃO DO CAPÍTULO

Para respostas às questões da Revisão dos Conceitos e Revisão do Capítulo, veja a seção de Respostas na parte final do livro.

Nível 1 – Revisão de fatos e termos

Associe cada item numerado com a letra do item que melhor se relaciona. Utilize letras para as respostas nos espaços apropriados.

Coluna A	Coluna B
__ 1. coroa radiada	a. começa com o início do trabalho de parto verdadeiro
__ 2. hialuronidase	b. inicia com a dilatação completa do colo do útero
__ 3. segundo trimestre	c. nascimento
__ 4. fase de expulsão	d. caracterizado pelo rápido crescimento fetal
__ 5. ooplasma	e. incisão na musculatura do períneo
__ 6. terceiro trimestre	f. camada de células foliculares ao redor do oócito
__ 7. primeiro trimestre	g. enzima do acrossomo
__ 8. parturição	h. citoplasma do oócito
__ 9. fase de dilatação	i. tempo de desenvolvimento embrionário/fetal inicial
__ 10. episiotomia	j. caracterizado pelo desenvolvimento contínuo dos sistemas de órgãos

11. O oócito geralmente é fertilizado:
    (a) na cavidade uterina
    (b) na ampola da tuba uterina
    (c) no colo do útero
    (d) na vagina

12. Durante a anfimixia:
    (a) o espermatozóide torna-se capacitado
    (b) o zigoto termina a meiose II
    (c) o pró-núcleo masculino e o feminino se fundem
    (d) ocorre meiose

13. Durante o primeiro trimestre do desenvolvimento:
    (a) os pulmões do feto começam a processar o ar
    (b) os rudimentos de todos os principais sistemas de órgãos começam a aparecer
    (c) os órgãos e sistemas completam seu desenvolvimento
    (d) ocorre o período mais acelerado do desenvolvimento fetal

14. O processo de divisão celular que ocorre após a fertilização é denominado:
    (a) clivagem
    (b) implantação
    (c) placentação
    (d) embriogênese

15. O blastocisto é uma:
    (a) membrana extra-embrionária que forma vasos sangüíneos
    (b) esfera sólida de células
    (c) esfera oca de células
    (d) porção da placenta

16. Durante o segundo trimestre, o fato mais significativo que permite à mãe ter consciência de que está carregando uma nova vida em seu corpo é que:
    (a) o encéfalo fetal começa a crescer intensamente
    (b) o feto começa a se movimentar no interior do útero
    (c) formam-se as estruturas básicas do olho e da orelha
    (d) aparecem as articulações

17. O hormônio que constitui a base para os testes de gravidez é:
    (a) LH
    (b) progesterona
    (c) gonadotrofina coriônica humana (GCH)
    (d) lactogênio placentário humano (LPH)

18. A primeira fase do trabalho de parto é a fase:
    (a) de dilatação
    (b) de expulsão
    (c) placentária
    (d) da decídua

19. A membrana extra-embrionária que forma a bexiga urinária é:
    (a) o saco vitelino
    (b) a alantóide
    (c) o âmnio
    (d) o cório

20. Durante a implantação:
    (a) o sinciciotrofoblasto produz um trajeto por meio de uma erosão no endométrio
    (b) a massa celular interna começa a formar a placenta
    (c) os vasos sangüíneos no endométrio materno são isolados do blastocisto
    (d) todo o trofoblasto se torna sincicial

Nível 2 – Revisão de conceitos

1. O que aconteceria com o embrião se o cório não se formasse adequadamente?
   (a) haveria um número insuficiente de células sangüíneas formadas e a criança precisaria de transfusão ao nascer
   (b) nenhum efeito ocorreria; a alantóide assumiria a função
   (c) não haveria a proteção líquida em torno do embrião, que ficaria sujeito a impactos no interior do útero
   (d) o embrião seria incapaz de receber nutrientes e oxigênio em quantidade suficiente e a gravidez terminaria espontaneamente
2. Qual seria o efeito de uma conexão direta entre o suprimento sangüíneo das vilosidades coriônicas e a decídua basal da placenta?
   (a) desenvolvimento normal, porque isso ocorre normalmente
   (b) uma possível reação de incompatibilidade que poderia danificar ou matar o feto
   (c) o crescimento fetal seria retardado
   (d) o feto cresceria mais rapidamente que o normal
3. Sob que circunstâncias você esperaria encontrar dois fetos em desenvolvimento compartilhando um cório e placenta únicos, porém com dois sacos amnióticos? Quando:
   (a) são gêmeos fraternos
   (b) apresentam graves defeitos de desenvolvimento
   (c) são gêmeos idênticos
   (d) são geneticamente diferentes
4. O que é a clivagem e em que trimestre ela ocorre?
5. O que é linha primitiva?
6. Descreva os efeitos da gonadotrofina coriônica humana. Onde e quando ela é produzida?
7. O que ocorre durante a anfimixia?
8. Qual membrana extra-embrionária é importante para a formação de células sangüíneas?
9. Descreva o processo da organogênese.
10. Por que o primeiro trimestre é considerado um período crítico?

Nível 3 – Pensamento crítico

1. José e Joana desejam muito ter um filho e embora tenham tentado por dois anos, não foram bem-sucedidos. Finalmente, cada um deles consulta um médico e o resultado é que José apresenta oligospermia (baixa contagem de espermatozóides). José lhe diz que não entende por que isso poderia interferir na sua capacidade de gerar filhos, pois se lembra das aulas de biologia de que apenas um espermatozóide é suficiente para fertilizar um oócito. O que você lhe responderia?
2. O vírus que causa rubéola, ou "sarampo alemão", tem sido reconhecido por décadas como um poderoso teratógeno. Em que trimestre da gravidez seria mais arriscada a exposição da gestante a este patógeno? Por quê?

Respostas às Questões da Revisão dos Conceitos e Revisão do Capítulo

CAPÍTULO 1

Revisão dos conceitos

p. 4 1. O histologista investiga a estrutura e as propriedades do tecido.

p. 4 2. O anatomista macroscópico investiga sistemas de órgãos e sua relação com o corpo como um todo.

p. 4 3. A anatomia regional considera todas as características externas e internas em uma área específica do corpo, como cabeça, pescoço ou tronco. A anatomia sistêmica considera a estrutura de importantes sistemas de órgãos, como os sistemas esquelético e muscular.

p. 13 1. Tegumento comum.

p. 13 2. Sistema genital feminino.

p. 13 3. Aparecimento gradual de especializações celulares características durante o desenvolvimento, em decorrência de ativação ou inibição de genes.

p. 18 1. Os dois olhos devem ser separados por uma secção sagital mediana.

p. 18 2. A queda deve afetar o antebraço.

p. 18 3. "Virilha" = região inguinal, nádegas = região glútea e mão = região da mão.

p. 20 1. Os mesos e omentos são lâminas duplas de túnica serosa na cavidade peritoneal que proporcionam fixação e estabilidade para os órgãos (estômago, intestino delgado e partes do intestino grosso), embora permitam movimento limitado.

p. 20 2. A cavidade do corpo inferior ao diafragma é a cavidade abdominopélvica.

p. 20 3. (a) distais, (b) inferiormente

Revisão do capítulo

Nível 1 Revisão de fatos e termos

1. F	**2.** E	**3.** G	**4.** H
5. B	**6.** D	**7.** C	**8.** A
9. C	**10.** D	**11.** B	**12.** C
13. D	**14.** B	**15.** B	

Nível 2 Revisão de conceitos

1. A

2. Todos os organismos vivos têm as mesmas funções básicas: responsividade, crescimento e diferenciação, reprodução, movimento, metabolismo e excreção.

3. A mão é distal ao braço no membro superior.

4. B

5. B

6. Nos organismos grandes, com sistemas de órgãos especializados que realizam absorção, respiração e excreção em diferentes regiões do corpo, deve existir um meio de transporte interno para esses produtos. Os processos passivos como difusão e osmose ocorreriam muito lentamente para permitir que o organismo funcionasse e permanecesse vivo.

Nível 3 Pensamento crítico

1. A interrupção do processo de divisão celular no interior da medula óssea resulta na produção de muito poucas hemácias (anemia) ou hemácias em excesso (policitemia) dentro dos vasos do sistema circulatório. A anemia afeta a quantidade de oxigênio transportada para os tecidos periféricos, influenciando, assim, todo o metabolismo. A policitemia produz metabolismo periférico alterado em função do "entupimento" dos vasos sangüíneos por causa do número aumentado de células que tentam passar pelos vasos capilares.

2. Os sistemas corporais incluiriam os sistemas digestório, respiratório e esquelético. As especialidades anatômicas envolvidas são anatomia de superfície, estudos de anatomia regional, anatomia sistêmica, anatomia comparativa e anatomia evolutiva.

CAPÍTULO 2

Revisão dos conceitos

p. 35 1. Os plasmalemas são seletivamente permeáveis.

p. 35 2. Difusão é um termo geral que se refere ao movimento passivo de materiais de regiões de alta concentração para regiões de baixa concentração. Osmose é a difusão de água através de uma membrana; a água se move para a solução que contém a maior concentração de soluto (a menor concentração de água).

p. 35 3. Existem três tipos de endocitose: pinocitose, fagocitose e endocitose mediada por receptor. Pinocitose é a formação de vesículas (pinossomos) cheios de líquido extracelular. A fagocitose produz vesículas (fagossomos) que contêm elementos sólidos. A endocitose mediada por receptor assemelha-se à pinocitose, mas é muito seletiva: vesículas revestidas contêm uma molécula-alvo específica em altas concentrações ligada aos receptores da superfície de membrana.

p. 35 4. As estruturas são denominadas microvilosidades. Sua função é aumentar a área de superfície para absorção.

p. 38 1. A falta do flagelo faria do espermatozóide uma célula imóvel.

p. 38 2. As duas divisões do citoplasma são (1) citosol, que é o líquido intracelular que contém nutrientes dissolvidos, proteínas e resíduos; e (2) organelas, que são estruturas que realizam funções específicas no interior da célula.

p. 43 1. As mitocôndrias produzem ATP. O número de mitocôndrias em uma determinada célula varia, dependendo de sua demanda energética. Se a célula contiver muitas mitocôndrias, suas demandas de energia são muito altas.

p. 43 2. As células nos ovários e testículos contêm grandes quantidades de retículo endoplasmático liso (agranular) (REL). Aqui, o REL funciona para sintetizar hormônios esteróides.

p. 43 3. Se os lisossomos se desintegrarem em uma célula danificada, liberam enzimas ativas no citosol. Essas enzimas destroem rapidamente as proteínas e organelas da célula, processo denominado autólise.

p. 48 1. A divisão celular é uma forma de reprodução celular que resulta no aumento do número de células.

p. 48 2. Mitose é um processo que ocorre durante a divisão de células somáticas. É a duplicação precisa do material genético da célula e a distribuição de uma cópia para cada uma das células-filhas novas.

p. 48 3. A interfase pode ser dividida nas fases G_1, S e G_2. Na fase G_1, a célula fabrica organelas e citosol para produzir duas células funcionais. Durante a fase S, a célula replica seus cromossomos. A fase G_2 é o momento da última síntese protéica antes da mitose. Uma célula de interfase na fase G_0 não está se preparando para a mitose, mas está realizando todas as outras funções celulares normais. A mitose tem quatro estágios: prófase, metáfase, anáfase e telófase. Na prófase, formam-se as fibras do fuso e o envoltório nuclear desaparece; na metáfase, as cromátides alinham-se ao longo da placa equatorial (metafásica); na anáfase, as cromátides separam-se e se movem para pólos opostos do aparelho do fuso; na telófase, o envoltório nuclear reaparece e os cromossomos desenrolam-se quando as células-filhas se separam por meio da citocinese.

Revisão do capítulo

Nível 1 Revisão de fatos e termos

1. E	**2.** G	**3.** H	**4.** B
5. D	**6.** I	**7.** C	**8.** F
9. A	**10.** B	**11.** C	**12.** B
13. B	**14.** D	**15.** D	**16.** B
17. A	**18.** C	**19.** C	**20.** B

Nível 2 Revisão de conceitos

1. O envoltório nuclear separa parcialmente o nucleoplasma do citosol, que é necessário para permitir e promover funções nucleares específicas.
2. Os três conceitos básicos da teoria celular são:
   (a) As células são os "blocos de construção" da estrutura de todos os vegetais e animais.
   (b) As células são produzidas pela divisão de células preexistentes.
   (c) As células são as menores unidades estruturais que realizam todas as funções vitais.
3. Os quatro processos passivos por meio dos quais as substâncias entram e saem das células são difusão, osmose, filtração e difusão facilitada.
4. Semelhanças: ambos os processos utilizam proteínas transportadoras. Diferenças: na difusão facilitada, as substâncias movem-se na direção de seus gradientes de concentração (da concentração alta para a baixa) e esse processo não utiliza a energia obtida pela divisão de ATP. No transporte ativo, as substâncias movem-se contra seus gradientes de concentração (da concentração baixa para a alta), processo que precisa da energia fornecida pela divisão de ATP.
5. Três fatores importantes que determinam se uma substância pode difundir-se através do plasmalema são tamanho da molécula, gradiente de concentração através da membrana e solubilidade da molécula.
6. Organelas são estruturas que realizam funções específicas no interior da célula. As organelas podem ser divididas em duas categorias amplas: (1) organelas não-membranosas, que estão sempre em contato com o citoplasma, e (2) organelas membranosas, que são circundadas por membranas que isolam seu conteúdo do citosol.
7. A freqüência das divisões celulares pode ser estimada pelo número de células na mitose em qualquer momento determinado. Quanto maior for a expectativa de vida de uma célula, mais baixa é a velocidade mitótica.
8. Os estágios da mitose são:
   (a) Prófase – os cromossomos (denominados cromátides) tornam-se visíveis; os centríolos pareados separam-se; as fibras do fuso estendem-se entre os pares de centríolos; o envoltório nuclear desaparece.
   (b) Metáfase – as cromátides movem-se para a placa equatorial (metafásica).
   (c) Anáfase – os pares de cromátides separam-se; os cromossomos-filhos movem-se para as extremidades opostas da célula.
   (d) Telófase – "contrário de prófase": formam-se os envoltórios nucleares, os núcleos aumentam; os cromossomos desenrolam-se gradualmente.
9. As funções gerais do plasmalema são:
   (a) isolamento físico
   (b) regulação da troca com o meio
   (c) sensibilidade
   (d) sustentação estrutural
10. Os microfilamentos têm duas funções principais:
   (a) ancoram o citoesqueleto às proteínas integrais do plasmalema.
   (b) podem interagir com outros microfilamentos ou com filamentos espessos para produzir movimento ativo de uma porção da célula.

Nível 3 Pensamento crítico

1. Os tecidos do seu corpo têm concentração de soluto superior à da água doce, de modo que, com o tempo, a osmose bombeia água para sua pele, produzindo edema e distorção.
2. As células da pele são mantidas firmemente unidas por desmossomos abundantes, junções celulares muito fortes, que resistem à torção e ao estiramento ou à quebra.
3. O isolamento do conteúdo interno das organelas membranosas permite que elas fabriquem ou armazenem secreções, enzimas ou toxinas que poderiam afetar adversamente o citoplasma em geral. Outro benefício é a maior eficiência advinda de sistemas de enzimas especializadas concentradas em um local. Por exemplo, as mitocôndrias contêm uma concentração de enzimas necessária para a produção de energia na célula.
4. Uma vez que o transporte da molécula é contra o gradiente de concentração (isto é, da concentração mais baixa para a mais alta) e demanda energia para se mover através da membrana, esse tipo de transporte é chamado de transporte ativo.

CAPÍTULO 3

Revisão dos conceitos

p. 54 1. Há quatro tipos de tecidos primários: tecido epitelial, tecido conectivo, tecido muscular e tecido nervoso (neural).

p. 54 2. Características do epitélio incluem celularidade, polaridade, ligação, avascularidade e regeneração.

p. 54 3. Especializações de células epiteliais incluem produção de secreções, movimento de líquidos sobre a superfície e movimento de líquidos através do próprio epitélio.

p. 60 1. Não. O epitélio escamoso simples não fornece proteção suficiente contra infecção, abrasão e desidratação, e não é encontrado na superfície da pele.

p. 61 2. Na secreção holócrina, toda a célula glandular é destruída durante o processo secretório. Nova secreção da glândula exige a regeneração das células para substituir aquelas perdidas durante a secreção.

p. 61 3. Durante a secreção apócrina, o produto secretório e a porção atípica do citoplasma celular são dispersados.

p. 61 4. O epitélio colunar simples fornece proteção e pode estar envolvido em absorção e secreção.

p. 72 1. Os três componentes básicos do tecido conectivo são células especializadas, fibras protéicas extracelulares e um líquido chamado de substância intercelular amorfa ou substância fundamental.

p. 72 2. O tecido conectivo próprio refere-se aos tecidos conectivos com muitos tipos de células e fibras extracelulares em substância fundamental viscosa. Sustentando o tecido conectivo (cartilagem e osso) há uma população distinta de células e uma matriz que contém fibras bastante compactadas. A matriz assemelha-se a gel (cartilagem) ou é calcificada (osso).

p. 72 3. As duas classes de células no tecido conectivo próprio são células fixas e células livres. As células fixas incluem fibroblastos, fibrócitos, macrófagos fixos, adipócitos, células mesenquimais e, às vezes, melanócitos. As células-livres incluem macrófagos livres, mastócitos, linfócitos, plasmócitos, eosinófilos e neutrófilos.

p. 72 4. As fibras de colágeno fornecem resistência ao tecido conectivo. O efeito da deficiência de vitamina C seria a produção de tecido conectivo mais fraco e mais propenso a danos.

p. 75 1. As túnicas mucosas revestem vias que se comunicam com o exterior. Elas formam uma barreira que resiste à entrada de patógenos; precisam permanecer úmidas o tempo todo.

p. 75 2. Outro nome para a "fáscia superficial" é *tela subcutânea* ou *hipoderme*. Ela separa a pele dos tecidos e órgãos subjacentes. Proporciona isolamento e defesa e deixa a pele ou as estruturas subjacentes moverem-se independentemente.

p. 75 3. O pericárdio é uma túnica serosa que limita a cavidade do pericárdio e envolve o coração.

p. 75 4. A pele cobre a superfície do corpo. Consiste em epitélio escamoso estratificado e uma camada subjacente de tecido areolar reforçado por uma camada de tecido conectivo denso.

p. 78 1. Uma vez que tanto as células musculares cardíacas quanto as esqueléticas são estriadas (com faixas), o tecido em questão deve ser um músculo liso.

p. 78 2. As células musculares estriadas esqueléticas têm aparência de faixas ou estrias por causa da organização dos filamentos de actina e miosina no interior das células.

p. 78 3. Tecido nervoso.

Revisão do capítulo

Nível 1 Revisão de fatos e termos

1. J	**2.** H	**3.** A	**4.** C
5. F	**6.** G	**7.** I	**8.** B
9. E	**10.** D	**11.** C	**12.** C
13. C	**14.** D	**15.** D	**16.** B
17. D	**18.** C	**19.** A	**20.** D

Nível 2 Revisão de conceitos

1. A célula é a unidade de estrutura e função, ao passo que os grupos de células funcionam em conjunto como unidades chamadas de tecidos (coleções de células especiais e produtos celulares que realizam funções limitadas).
2. B
3. D
4. O tendão é constituído por cordões de tecido conectivo denso regular que fixa um músculo esquelético a um osso. As fibras de colágeno fazem trajeto no eixo longitudinal do tendão e transferem a tração do músculo que se contrai para o osso.
5. As secreções exócrinas passam para ductos que as levam para superfícies; as secreções endócrinas passam para o líquido intersticial e, a seguir, entram nos vasos sangüíneos.

6. A presença dos cílios na superfície do epitélio significa que a túnica mucosa, que sustenta o epitélio, será mantida em movimento e a superfície respiratória será mantida limpa (ou livre).
7. A pele é separada dos músculos por uma camada de tecido conectivo frouxo. O tecido conectivo frouxo fornece proteção e propriedades elásticas que permitem um grau considerável de movimento independente das duas camadas. Assim, a compressão da pele não afeta o músculo subjacente.
8. Enquanto o tendão é constituído de cordões de tecido conectivo denso regular, a aponeurose é uma bainha ou fita de tecido conectivo que se assemelha a um tendão plano. As aponeuroses podem cobrir a superfície dos músculos e auxiliar os músculos superficiais a se ligarem entre si ou a outras estruturas.
9. As células germinativas são células-tronco normalmente encontradas na camada mais profunda do epitélio. Dividem-se para substituir as células perdidas ou destruídas na superfície epitelial.

Nível 3 Pensamento crítico

1. A presença de DNA, RNA e componentes de membrana sugere que as células foram destruídas durante o processo de secreção. Isso é coerente com o tipo holócrino de secreção.
2. O tecido do músculo esquelético é constituído de fibras densamente compactadas que fazem trajeto na mesma direção, mas uma vez que essas fibras são células, elas têm muitos núcleos e mitocôndrias. O músculo esquelético também tem um padrão evidente de faixas ou estrias por causa da organização dos filamentos de actina e miosina no interior da célula. O estudante provavelmente está olhando para uma lâmina de tendão (tecido conectivo denso regular).
3. O muco é produzido pelo epitélio respiratório em resposta à irritação da fumaça. Os cílios encontrados em muitas células do sistema respiratório movimentam-se para cima, conduzindo, assim, o muco produzido pelo epitélio respiratório para a faringe, onde ele pode ser deglutido e eliminado. A destruição dos cílios impede a eliminação do muco. Portanto, a tosse é o único mecanismo pelo qual o muco pode ser removido.
4. Como as fibras de músculo esquelético, as fibras de músculo cardíaco são incapazes de se dividir. Contudo, como o músculo cardíaco não tem células musculares satélites que se dividem para reparar as lesões do músculo esquelético provocadas por isquemia, as fibras desse músculo cardíaco expostas à isquemia morrem, resultando em infarto do miocárdio, que representa risco para a vida.

CAPÍTULO 4

Revisão dos conceitos

p. 92 1. As células desprendem-se constantemente das outras camadas do estrato córneo.

p. 92 2. O fragmento aloja-se no estrato granuloso.

p. 92 3. As duas principais subdivisões do tegumento comum são a pele e as estruturas anexas. A pele tem duas camadas: a epiderme, superficial, e a derme, mais profunda. As estruturas anexas são folículos pilosos, glândulas exócrinas e unhas.

p. 92 4. Queratinização é a produção de queratina pelas células epidérmicas. Ocorre no estrato granuloso da epiderme. As fibras de queratina desenvolvem-se no interior de células do estrato granuloso. Conforme as fibras de queratina são produzidas, essas células ficam mais finas e mais planas e seus plasmalemas ficam mais espessos e menos permeáveis. Quando essas células morrem, formam as camadas de compactação densa do estrato lúcido e do estrato córneo.

p. 94 1. Esses termos referem-se à espessura relativa da epiderme, e não ao tegumento como um todo. A pele espessa ocorre nas palmas das mãos (a espessura epidérmica pode ter até 0,5 mm), enquanto a pele delgada cobre a maior parte do corpo (a espessura epidérmica é de cerca de 0,08 mm).

p. 94 2. Provocar abrasões nas pontas dos dedos da mão não remove permanentemente as impressões digitais. Uma vez que as cristas epidérmicas das pontas dos dedos são formadas em camadas da pele que se regeneram constantemente, elas, por fim, reaparecerão. O padrão real das cristas é determinado pela organização do tecido na derme, que não é afetada pela abrasão.

p. 95 3. A coloração da epiderme deve-se à combinação da irrigação sangüínea da derme e das quantidades variáveis de dois pigmentos: caroteno e melanina.

p. 95 4. As cristas da pele são formadas pelas camadas mais profundas da epiderme que se estendem para a derme, aumentando a área de contato entre as duas regiões. As papilas da derme são projeções da derme que se estendem entre cristas adjacentes.

p. 100 1. Quando a derme é excessivamente distendida, as fibras elásticas ficam superalongadas e não são capazes de se retrair. A pele, então, forma pregas ou rugas, denominadas estrias, nas áreas afetadas.

p. 100 2. A contração do músculo eretor do pêlo deixa o folículo ereto, abaixando a região na base do pêlo e fazendo com que a pele circundante pareça mais alta. A atividade combinada dos músculos eretores do pêlo produz "pele de galinha" ou "pele arrepiada".

p. 100 3. Cada pêlo tem uma medula produzida pela porção central da matriz pilosa, circundada por um córtex e coberta por uma cutícula. A haste do pêlo começa onde sua organização está completa (mais ou menos eqüidistante da superfície).

p. 103 1. As glândulas sudoríferas apócrinas produzem uma secreção viscosa, turva e, possivelmente, odorífera. A secreção contém vários tipos de compostos orgânicos. Alguns deles têm odor e outros produzem odor quando são metabolizados pelas bactérias da pele. Os desodorantes são usados para mascarar o odor resultante. As glândulas sudoríferas merócrinas produzem secreção aquosa que contém principalmente cloreto de sódio, metabólitos e detritos. As secreções merócrinas são aquosas e em geral conhecidas como suor.

p. 103 2. A perspiração sensível é o suor produzido pelas glândulas sudoríferas merócrinas.

p. 103 3. As glândulas sebáceas e sudoríferas apócrinas podem ser coletivamente "ligadas" ou "desligadas" pelo sistema nervoso autônomo, mas não é possível o controle local ou regional. O sistema nervoso autônomo controla a quantidade de secreção das glândulas sudoríferas merócrinas e a região do corpo envolvida.

Revisão do capítulo

Nível 1 Revisão de fatos e termos

1. E	**2.** F	**3.** D	**4.** G
5. C	**6.** H	**7.** B	**8.** I
9. A	**10.** D	**11.** A	**12.** D
13. D	**14.** B	**15.** B	**16.** B
17. B	**18.** C	**19.** A	**20.** A

Nível 2 Revisão de conceitos

1. B
2. Os indivíduos de pele branca produzem menos melanina nos melanócitos e são, portanto, menos capazes de evitar a absorção de radiação ultravioleta, potencialmente prejudicial. Uma vez que mais radiação UV atinge as camadas mais profundas da pele, ela causa maior dano.
3. As pressões mecânicas fazem com que as células do estrato germinativo dividam-se com mais rapidez, aumentando a espessura do epitélio.
4. Se a pele se distender e depois não se retrair até seu tamanho original, ela enruga e fica pregueada, criando uma rede de estrias.
5. A queratina é produzida em grandes quantidades no estrato granuloso. As fibras de queratina ficam entrelaçadas nas células nessa camada durante o processo de queratinização. As células ficam mais finas e planas; subseqüentemente, sofrem desidratação. A queratina é importante na manutenção da estrutura da superfície externa da epiderme e na participação de sua resistência à água. Além disso, a queratina forma o componente estrutural básico do cabelo e das unhas.
6. Não tem órgãos vitais.
7. Essas atividades reduzem a quantidade de possível secreção odorífera na superfície da pele ou inibem a atividade de bactérias nessas secreções.
8. O indivíduo cianótico tem uma redução sustentada da circulação sangüínea para a pele. Em decorrência disso, a pele adquire uma coloração azulada, chamada de cianose.
9. Nos idosos, a irrigação sangüínea para a derme e a atividade das glândulas sudoríferas diminuem. Essa combinação torna os idosos menos capazes de dissipar o calor corporal e de resfriarem seus corpos quando expostos a temperaturas elevadas.
10. D

Nível 3 Pensamento crítico

1. Quando a temperatura corporal aumenta, mais fluxo sangüíneo é direcionado para os vasos da pele. O pigmento vermelho do sangue dá à pele a cor mais vermelha do que o normal e é responsável pela aparência corada da pessoa. A pele fica seca porque as glândulas sudoríferas não produzem suor (evita a desidratação). Sem resfriamento por evaporação, o calor não se dissipa de modo suficiente pela pele, deixando-a quente e aumentando a temperatura corporal.
2. As linhas de clivagem são importantes porque uma secção paralela a uma linha de clivagem cicatriza com mais facilidade, ao passo que uma secção em ângulo reto

com a linha de clivagem rompe as fibras elásticas da pele, ocorrendo retração das margens da incisão e dificultando a cicatrização. Uma secção paralela também cicatriza mais rapidamente e com menos tecido de cicatrização do que uma secção em ângulo reto com a linha de clivagem.

3. As palmas das mãos e as plantas dos pés têm epiderme mais espessa e uma camada adicional, o estrato lúcido. Essa camada mais espessa desacelera a velocidade de difusão da medicação e reduz substancialmente sua eficácia.

CAPÍTULO 5

Revisão dos conceitos

p. 117 1. Se a razão entre colágeno e hidroxiapatita no tecido ósseo aumentasse, o osso ficaria mais flexível e mais fraco.

p. 117 2. As camadas concêntricas de osso em torno do canal central são indicativas de uma osteona ou sistema de Havers. As osteonas são encontradas na substância compacta. Visto que as extremidades (epífises) de ossos longos são principalmente constituídas de substância esponjosa (trabecular), é mais provável que essa amostra seja do corpo (diáfise) de um osso longo.

p. 117 3. Uma vez que os osteoclastos funcionam na degradação ou desmineralização óssea, o osso deveria ter menos teor mineral e, como resultado, seria mais fraco.

p. 117 4. A reparação da fratura seria impedida.

p. 124 1. Os ossos longos do corpo, como o fêmur, têm cartilagem epifisial que separa a epífise da diáfise, enquanto o osso ainda está crescendo em comprimento. Um raio X indicaria se a cartilagem epifisial ainda está presente. Em caso positivo, o crescimento ainda está ocorrendo e, em caso negativo, o osso já atingiu seu comprimento final.

p. 124 2. (1) Em tecido conectivo fibroso, os osteoblastos secretam componentes da matriz em um centro de ossificação. (2) O crescimento ocorre para fora do centro de ossificação em pequenas escoras, denominadas espículas. (3) Com o tempo, o osso assume a forma de substância esponjosa; a remodelação subsequente pode produzir substância compacta.

p. 124 3. O diâmetro de um osso aumenta por meio de crescimento aposicional na superfície externa. Nesse processo, as células do periósteo diferenciam-se em osteoblastos e contribuem para o crescimento da matriz óssea.

p. 124 4. A cartilagem epifisial é uma faixa relativamente estreita de cartilagem que separa a epífise da diáfise. Localiza-se na metáfise. O crescimento contínuo dos condrócitos no lado epifisial e sua posterior substituição por osso no lado diafisial permite o aumento do comprimento do osso em desenvolvimento.

p. 126 1. Os ossos aumentam em espessura em resposta à tensão física. Um tipo comum de tensão que é aplicada ao osso é a produzida pelos músculos. Pode-se esperar que os ossos de um atleta fiquem mais grossos depois do aumento da massa muscular (extra) por causa da tensão maior que o músculo aplica ao osso.

p. 126 2. A vitamina D tem um papel importante no metabolismo normal do cálcio porque estimula a absorção e o transporte de íons cálcio e fosfato para o sangue. A calcitonina inibe os osteoclastos e aumenta o índice de perda de cálcio na urina. O hormônio paratireóideo estimula osteoclastos e osteoblastos, aumenta a absorção de cálcio nos intestinos (essa ação exige outro hormônio, calcitriol) e diminui a velocidade de perda de cálcio na urina. As vitaminas A e C também são importantes, como o hormônio do crescimento e os hormônios sexuais.

p. 126 3. Em um indivíduo de 15 anos de idade, a velocidade de formação óssea pode exceder a velocidade de reabsorção óssea, ao passo que em um de 30 anos, essas velocidades são aproximadamente iguais.

p. 130 1. Os acidentes ósseos em geral são palpáveis na superfície do corpo; constituem pontos de referência para orientação quanto aos tecidos moles associados. Para os patologistas, os acidentes ósseos podem ser usados para estimar tamanho, peso, gênero e aparência geral de um indivíduo com base em restos mortais parciais.

p. 130 2. O osso sesamóide é, via de regra, redondo, pequeno e plano. Os ossos irregulares podem ter formas complexas com superfícies curtas, planas, sulcadas ou com cristas.

p. 130 3. Os ossos suturais, também chamados de *ossos wormianos,* são pequenos, planos, de forma estranha, e são encontrados nas suturas entre os ossos planos do crânio.

Revisão do capítulo

Nível 1 Revisão de fatos e termos

1. B	**2.** B	**3.** A	**4.** B
5. B	**6.** A	**7.** A	**8.** A
9. A	**10.** B		

Nível 2 Revisão de conceitos

1. C
2. A
3. Na ossificação intramembranácea, o osso desenvolve-se a partir do mesênquima ou de tecido conectivo fibroso. Na ossificação endocondral, o osso substitui um modelo de cartilagem existente.
4. Na maturidade, a velocidade de crescimento da cartilagem epifisial diminui, enquanto a velocidade de produção de osteoblastos aumenta, estreitando a região da placa epifisial. Quando a placa desaparece, a epífise e a diáfise do osso crescem junto, e o crescimento longitudinal cessa.
5. A substância esponjosa é encontrada onde o osso recebe pressões em muitas direções. Nas extremidades expandidas dos ossos longos, as epífises, as trabéculas da substância esponjosa são extensamente reforçadas para resistir a pressão aplicada de diferentes direções.
6. Um osso cresce em diâmetro por aposição, na qual a superfície externa do osso cresce conforme as células do periósteo diferenciam-se em osteoblastos que contribuem para a matriz óssea. Por fim, essas células ficam circundadas por matriz e se diferenciam em osteócitos. Além disso, a matriz óssea é removida da superfície interna pelos osteoclastos para expandir a cavidade medular.
7. A reparação final é ligeiramente mais espessa e mais forte do que o osso original.
8. Um osso fraturado demanda bom suprimento de cálcio e fosfato para fabricar nova matriz. Portanto, uma dieta pobre em minerais desacelera a velocidade com que o osso se consolida.
9. O osso sesamóide é, via de regra, pequeno, redondo e plano. Desenvolve-se no interior dos tendões e é mais encontrado próximo das articulações do joelho, das mãos e dos pés. Os ossos suturais (wormianos) são pequenos, planos, de forma estranha, e são encontrados nas suturas entre os ossos planos do crânio.
10. Ossificação é o processo de transformação/substituição de outros tecidos por osso. Calcificação refere-se à deposição de sais de cálcio no interior de um tecido.

Nível 3 Pensamento crítico

1. No local de fratura, o sangramento na área causa um hematoma. Forma-se um calo interno à medida que uma rede de substância esponjosa se une às superfícies internas, e um calo externo de cartilagem e osso estabiliza as margens externas. Juntos, eles são vistos como uma região aumentada inicialmente. Inicialmente, um edema marca a localização da fratura. Com o tempo, essa região será remodelada e restará pouca evidência da fratura.
2. Nas crianças, os ossos longos são relativamente flexíveis e de fácil deformação, porque a proporção relativa de fibras colágenas para sais de cálcio e fosfato ossificados é alta. Isso torna a fratura em "galho verde" mais comum nas crianças do que nos adultos. Com a idade, a proporção entre fibras colágenas e sais de cálcio e fosfato ossificados diminui, tornando os ossos mais quebradiços, o que reduz a freqüência de fraturas em "galho verde".
3. Os pacientes têm mais probabilidade de fratura em função de osteoporose, cuja incidência é maior em mulheres no período da pós-menopausa. A osteoporose é uma redução da massa óssea que compromete a função óssea normal. A maior atividade dos osteoclastos é responsável pela redução da massa óssea. A terapia pode incluir reposição de estrógeno, mudanças na dieta para elevar as concentrações de cálcio no sangue e exercícios que atuem sobre os ossos e estimulem a atividade osteoblástica.

CAPÍTULO 6

Revisão dos conceitos

p. 148 1. Cada veia jugular interna passa através do forame jugular, uma abertura entre os ossos occipital e temporal.

p. 148 2. A sela turca localiza-se no osso esfenóide e aloja a hipófise.

p. 148 3. As fibras nervosas para o bulbo olfatório, que está envolvido com o sentido do olfato, passam pela lâmina cribriforme a partir da cavidade nasal. Se a lâmina cribriforme não se formar, essas fibras sensitivas não podem atingir os bulbos olfatórios e o olfato é perdido.

p. 148 4. Oito ossos formam o neurocrânio ou "caixa craniana": frontal, parietal (2), occipital, temporal (2), esfenóide e etmóide.

p. 158 1. Os 14 ossos da face (viscerocrânio) são maxilas (2), zigomáticos (2), nasais (2), lacrimais (2), conchas nasais inferiores (2), palatinos (2), vômer e mandíbula. Esses ossos protegem e dão sustentação às entradas para os tratos digestório e respiratório, e proporcionam áreas extensas de inserção muscular.

p. 158 2. Os seios paranasais funcionam para tornar alguns ossos do crânio mais leves, para produzir muco e para ressoar durante a produção do som.

p. 158 3. O complexo orbital consiste em porções de sete ossos: palatino, zigomático, frontal, lacrimal, maxila, esfenóide e etmóide.

p. 170 1. O dente do áxis é encontrado na segunda vértebra cervical (áxis), situada no pescoço.

p. 170 2. A compressão indevida do tórax durante RCP pode resultar em fratura das costelas ou do esterno, em especial do processo xifóide.

p. 170 3. A coluna vertebral é dividida nas regiões cervical, torácica, lombar, sacral e coccígea. As características distintivas são as seguintes: cervical – forame vertebral triangular, processo espinhoso bífido, forames transversários; torácica – forame vertebral redondo, corpo vertebral em forma de coração, fóveas costais; lombar – forame vertebral oval, corpo vertebral grande e robusto; sacral – cinco vértebras fundidas; coccígea – três a cinco pequenas vértebras fundidas.

p. 170 4. As curvaturas da coluna vertebral, de cima para baixo, são: (1) cervical, (2) torácica, (3) lombar e (4) sacral.

Revisão do capítulo

Nível 1 Revisão de fatos e termos

1. B	**2.** E	**3.** H	**4.** J
5. I	**6.** A	**7.** D	**8.** G
9. F	**10.** C	**11.** D	**12.** D
3. A	**14.** A	**15.** D	**16.** A
7. A	**18.** C	**19.** A	**20.** D

Nível 2 Revisão de conceitos

1. D
2. O formato do atlas é tal que fornece mais espaço livre para a medula espinal do que qualquer outra vértebra. O espaço adicional ajuda a garantir que a medula espinal não sofra atrito durante a grande quantidade de movimento que ocorre nesse local.
3. Uma depressão central proeminente entre as asas do esfenóide sustenta a hipófise logo abaixo do cérebro. Essa depressão denomina-se fossa hipofisial e o envoltório ósseo é chamado de sela turca.
4. O deslocamento de peso sobre as pernas ajuda a mover o centro de gravidade anteriormente, o que proporciona uma base mais estável para ficar em posição em pé, ortostática, e andar.
5. O ligamento nucal é um grande ligamento elástico que começa na vértebra proeminente (CVII) e se estende superiormente até a fixação ao longo da crista occipital externa. Nesse percurso, ele se liga aos processos espinhosos das outras vértebras cervicais. Quando a cabeça fica ereta, esse ligamento é como a corda de um arco, que mantém a curvatura cervical sem esforço muscular.
6. A túnica mucosa dos seios paranasais responde à alteração ambiental pela aceleração da produção de muco. O muco remove as substâncias irritantes das paredes das cavidades nasais. Vários estímulos produzem esse resultado, inclusive alterações repentinas de temperatura ou umidade, vapores irritantes e infecções bacterianas ou virais.
7. O corpo das vértebras lombares é maior porque elas sustentam maior peso.
8. A parte petrosa espessa do osso temporal abriga as estruturas da orelha interna que fornecem informações sobre audição e equilíbrio.
9. Os forames na lâmina cribriforme permitem a passagem dos nervos olfatórios, proporcionando o sentido do olfato.

Nível 3 Pensamento crítico

1. Mulheres nos últimos estágios da gestação desenvolvem dor na parte inferior do dorso por causa das alterações da curvatura lombar da coluna vertebral. O aumento da massa do útero grávido desvia o centro de gravidade e, para compensar isso, a curvatura lombar fica exagerada e uma parte maior do que o normal do peso corporal é suportada pela região lombar. Isso resulta em músculos doloridos e dor na região lombar.
2. Jéferson provavelmente apresenta desvio de septo nasal em decorrência da fratura de nariz. Quando há desvio de septo, a porção cartilagínea do septo dobra-se no local onde se une ao osso. Essa afecção em geral bloqueia a drenagem de um ou mais seios paranasais, provocando dores de cabeça, infecções e sinusite.
3. Em decorrência de resfriados ou gripes, os dentes maxilares (superiores) doem e a fronte parece pesada. Uma inflamação da túnica mucosa dos seios paranasais aumenta a produção de muco. Os seios maxilares são, via de regra, mais envolvidos, porque a gravidade pouco faz para auxiliar a drenagem do muco desses seios. A congestão aumenta e o paciente tem cefaléias, sensação de pressão nos ossos da face e dor nos dentes cujas raízes estão na maxila.
4. As características faciais presentes na região zigomática, com os "ossos da bochecha", são determinadas pelos processos zigomáticos dos ossos temporais que se articulam com os processos temporais dos ossos zigomáticos, constituindo o arco zigomático situado inferiormente à órbita. Essa região tem a característica de ser proeminente na face porque sua função é proteger a órbita, situada superiormente à ela. A modelo profissional que é identificada pelas características faciais que resultam na aparência de olhos grandes teria, na realidade, a região que aloja os bulbos dos olhos (a órbita) maior do que o normal, e não o próprio olho maior, como poderia se pensar. De qualquer modo, a aparência de seus olhos fotogênicos está mais relacionada com as características do tecido mole (pele, por exemplo) e com os efeitos de maquiagem, do que propriamente com o tamanho incomum dos ossos da face.

CAPÍTULO 7

Revisão dos conceitos

p. 186 1. A clavícula liga-se à escápula e ao esterno e, assim, restringe a amplitude de movimento da escápula. Quando a clavícula é fraturada, a escápula tem maior amplitude de movimento e é menos estável.

p. 186 2. O rádio está em posição lateral quando o antebraço está na posição anatômica.

p. 186 3. O olécrano é a extremidade do cotovelo. Durante a extensão do cotovelo, o olécrano oscila na fossa do olécrano na superfície posterior do úmero para evitar a superextensão.

p. 186 4. A clavícula articula-se com o manúbrio do esterno e proporciona a única conexão direta entre o cíngulo do membro superior e o esqueleto axial.

p. 200 1. Os três ossos que compõem o osso do quadril são o ílio, o ísquio e o púbis.

p. 200 2. Embora a fíbula não faça parte da articulação do joelho e não sustente peso, é um osso importante para inserção de muitos músculos da perna. Quando a fíbula é fraturada, esses músculos não podem funcionar apropriadamente para mover a perna, e a marcha passa a ser difícil e dolorosa. A fíbula também ajuda a estabilizar a articulação do joelho.

p. 200 3. Marcos, mais provavelmente, fraturou o calcâneo (osso do calcanhar).

p. 200 4. Existem seis diferenças que são adaptações para a gestação: aumento da abertura inferior da pelve; menor curvatura do sacro e do cóccix, que, no homem, arqueia-se mais para a frente na abertura inferior da pelve; abertura superior da pelve mais larga e mais circular; parte inferior da pelve relativamente larga; ílios que se projetam lateralmente, mas não se estendem até a região superior do sacro; e arco púbico mais amplo, sendo o ângulo subpúbico maior que 100°.

p. 200 5. Durante a flexão dorsal, como quando se fica agachado sobre os calcanhares, todo o peso do corpo recai sobre o calcâneo. Durante a flexão plantar e ao ficar na ponta dos pés, o tálus e o calcâneo transferem o peso para os ossos metatarsais e as falanges através dos ossos tarsais mais anteriores.

Revisão do capítulo

Nível 1 Revisão de fatos e termos

1. B	**2.** E	**3.** G	**4.** J
5. C	**6.** I	**7.** F	**8.** A
9. H	**10.** D	**11.** B	**12.** C
13. C	**14.** A	**15.** D	**16.** B
17. C	**18.** C	**19.** C	**20.** C

Nível 2 Revisão de conceitos

1. D
2. A
3. A
4. Para determinar a idade de um esqueleto, deve-se considerar alguns ou todos os itens a seguir: fusão das placas epifisiais, teor de mineral, tamanho e aspereza dos acidentes ósseos, dentes, massa óssea da mandíbula e tamanho do disco intervertebral.
5. A transferência de peso ocorre ao longo do arco longitudinal do pé. Os ligamentos e tendões mantêm esse arco ligando o calcâneo às porções distais dos ossos metatarsais. A parte lateral do pé, o lado do calcâneo, carrega a maior parte do peso do corpo na posição em pé, ortostática, normal. Essa porção do arco tem menor curvatura do que a porção medial, do tálus.
6. As fraturas da parte medial da clavícula são comuns porque a queda sobre a palma da mão com o membro superior hiperestendido produz forças de compressão que são conduzidas para a clavícula e sua articulação com o manúbrio.

7. A tíbia faz parte da articulação do joelho e está envolvida na transferência de peso para o tornozelo e o pé. A fíbula é excluída da articulação do joelho e não transfere peso para o tornozelo e o pé.
8. O olécrano da ulna é a extremidade do cotovelo. Durante a extensão extrema, ele oscila na fossa do olécrano na superfície posterior do úmero para evitar a superextensão do antebraço com relação ao braço.
9. O peso corporal passa para os ossos metatarsais através do cubóide e do cuneiforme.

Nível 3 Pensamento crítico

1. A osteoporose, redução do conteúdo de cálcio do corpo, produz ossos fracos e quebradiços. Visto que a articulação do quadril e os ossos do membro inferior precisam sustentar o peso do corpo, qualquer enfraquecimento desses ossos pode resultar em resistência insuficiente para sustentar o corpo e, em conseqüência, o osso quebra devido ao peso. A articulação do ombro não é de sustentação de peso nem está sujeita às mesmas grandes tensões ou à ação de músculos fortes como a do quadril. Assim, as fraturas dos ossos dessa articulação são menos freqüentes.
2. A aparência geral da pelve, a forma da abertura superior da pelve, a profundidade da fossa ilíaca, as características do ílio, o ângulo subpúbico, a posição do acetábulo, a forma do forame obturado e as características do ísquio são importantes na determinação do gênero do indivíduo a partir do esqueleto. A idade pode ser determinada por tamanho, grau de mineralização e vários acidentes nos ossos. A aparência geral do indivíduo pode ser reconstruída observando-se as marcas nos locais onde os músculos se inseriram nos ossos. Elas podem indicar o tamanho e a forma dos músculos e, portanto, do indivíduo.
3. Muitas características cranianas podem revelar o gênero do indivíduo, mas também há características em outros elementos esqueléticos, como a robustez óssea, os ângulos de encontro dos ossos púbis, a largura da pelve, os ângulos dos fêmures e muito mais.
4. A condição conhecida como "pé chato" deve-se ao arco longitudinal mais baixo que o normal no pé. Com maior probabilidade, uma fraqueza dos ligamentos e tendões que ligam o calcâneo às extremidades distais dos ossos metatarsais pode contribuir para essa condição.

CAPÍTULO 8

Revisão dos conceitos

p. 208 1. Nenhum movimento relativo é permitido em uma articulação fibrosa, ao passo que a articulação cartilagínea permite leve movimento.

p. 208 2. A principal vantagem é que isso permite uma ampla gama de movimento sem atrito significativo.

p. 208 3. A redução do atrito e a distribuição de gases, nutrientes e resíduos dissolvidos.

p. 208 4. Bolsas sinoviais são sacos revestidos de membrana sinovial e preenchidos com sinóvia (líquido sinovial). Elas reduzem o atrito entre estruturas adjacentes, como tendões e ossos ou músculos.

p. 213 1. Originalmente, a articulação é um tipo de sindesmose. Quando os ossos se fundem, a ossificação ao longo de uma sutura representa uma sinostose.

p. 213 2. (a) abdução, (b) supinação, (c) flexão.

p. 221 1. Como a bolsa subtendínea do músculo subescapular situa-se na articulação do ombro, a inflamação dessa estrutura (bursite) pode ser encontrada no jogador de tênis. Essa afecção é associada ao movimento repetitivo que ocorre no ombro, como balançar a raquete de tênis. Os corredores apresentam um risco maior de ter lesões da articulação do joelho.

p. 221 2. Maria, com grande probabilidade, tem fratura de ulna.

p. 225 1. Os ligamentos iliofemoral, pubofemoral e isquiofemoral são todos encontrados na articulação do quadril.

p. 225 2. A lesão dos meniscos na articulação do joelho resulta em redução da estabilidade articular. O indivíduo teria dificuldades para travar o joelho no lugar em posição em pé, ortostática, e teria de fazer contrações musculares para estabilizar a articulação. Ao ficar em pé por períodos longos, os músculos se cansam e o joelho "falha". Pode-se esperar ainda que o indivíduo tenha dor.

p. 225 3. O ligamento da patela dá sustentação à superfície anterior da articulação do joelho. A lesão no ligamento da patela afetaria essa sustentação.

p. 225 4. O ligamento colateral tibial reforça a superfície medial da articulação do joelho, e o ligamento colateral fibular reforça a superfície lateral. Esses ligamentos ficam retesados apenas em extensão e, nessa posição, atuam para estabilizar a articulação.

Revisão do capítulo

Nível 1 Revisão de fatos e termos

1. I	**2.** D	**3.** H	**4.** C
5. G	**6.** B	**7.** F	**8.** A
9. E	**10.** D	**11.** D	**12.** B
13. C	**14.** D	**15.** B	**16.** A
17. C	**18.** B	**19.** A	**20.** A

Nível 2 Revisão de conceitos

1. A
2. Uma articulação não pode ser ao mesmo tempo altamente móvel e muito forte. Quanto maior for a amplitude de movimento de uma articulação, mais fraca ela será, e vice-versa. Por exemplo, uma articulação fibrosa (sinartrose), que é o tipo mais forte de articulação, não permite nenhum movimento.
3. Antes da fusão, as duas partes de um só osso são unidas por uma linha de cartilagem denominada sincondrose. Quando a placa cartilagínea é ossificada, não há mais articulação e ela se torna uma sinostose imóvel.
4. A articulação talocrural, ou articulação do tornozelo, envolve a face articular distal da tíbia, inclusive o maléolo medial, o maléolo lateral da fíbula e a tróclea e faces articulares laterais do tálus. Os maléolos, sustentados por ligamentos da articulação do tornozelo (ligamento deltóideo/colateral medial e as três partes do ligamento colateral lateral) e os coxins adiposos associados impedem que os ossos deslizem de um lado para outro.
5. As cartilagens articulares revestem as superfícies de articulação dos ossos. Assemelham-se às cartilagens hialinas de outras partes do corpo, mas não têm pericôndrio, e a matriz contém mais água do que as outras cartilagens.
6. Os fatores que limitam a amplitude de movimento de uma articulação são os ligamentos acessórios e as fibras colágenas da cápsula articular, as formas das faces articulares que permitem o movimento em algumas direções, enquanto o evitam em outras, a tensão nos tendões inseridos nos ossos articulados e o volume dos músculos que circundam a articulação.
7. A cápsula articular que circunda toda a articulação sinovial guarda continuidade com o periósteo dos ossos articulados. Os ligamentos acessórios são espessamentos localizados da cápsula. Os ligamentos extracapsulares estão externos à cápsula; os ligamentos intracapsulares são encontrados no interior da cavidade articular. Na articulação umeroulnar, a cápsula é reforçada por ligamentos fortes. O ligamento colateral radial estabiliza a superfície lateral da articulação. O ligamento anular do rádio liga a cabeça do rádio à ulna. A superfície medial da articulação é estabilizada pelo ligamento colateral ulnar.
8. As margens dos ossos são intertravadas e unidas na sutura por tecido conectivo denso. Um tipo diferente de articulação fibrosa liga cada dente ao alvéolo ósseo circundante. Essa conexão fibrosa é o periodonto (ligamento periodontal).
9. O movimento do punho e da mão da posição de palma voltada para a frente para palma voltada para trás chama-se pronação. Circundução é um tipo de movimento angular especial que abrange todos os tipos de movimento angular: flexão, extensão, adução e abdução.
10. Conforme as pessoas envelhecem, o conteúdo de água do núcleo pulposo no interior de cada disco intervertebral diminui. A perda de água dos discos causa encurtamento da coluna vertebral.

Nível 3 Pensamento crítico

1. O termo "lesão em chicote" ou hiperextensão cervical é usado para descrever uma lesão na qual o corpo muda de posição repentinamente, como em uma queda ou durante a aceleração ou desaceleração repentinas. Os músculos de equilíbrio não são fortes o suficiente para estabilizar a cabeça. O resultado pode ser um perigoso deslocamento parcial ou completo das vértebras cervicais, com lesão de músculos e ligamentos e possível lesão da medula espinal. É chamada de "lesão em chicote" por causa do movimento da cabeça que parece a onda de uma chicotada.
2. Em um entorse, o ligamento é estirado até o ponto em que algumas fibras colágenas são rompidas. O ligamento continua funcional, e a estrutura e a estabilidade da articulação não são afetadas. Em um acidente mais grave, todo o ligamento pode ser rompido, o que é chamado simplesmente de ligamento rompido, ou a conexão entre o ligamento e o maléolo pode ser tão forte que o osso quebra antes do ligamento. Em geral, o osso fraturado consolida com maior rapidez e eficiência do que o ligamento rompido. Uma luxação em geral acompanha esse tipo de lesão.
3. Quando o joelho está flexionado, é capaz de se mover em resposta a um golpe em suas superfícies medial ou lateral. Contudo, quando o joelho está "plantado"

(membro inferior estendido e firmemente apoiado no solo), está em posição travada. Nessa posição, os ligamentos colaterais tibial e fibular e o ligamento cruzado anterior estão tensos, aumentando assim a possibilidade de lesão.

CAPÍTULO 9

Revisão dos conceitos

p. 240 1. Os músculos estriados esqueléticos movem o corpo tracionando os ossos do esqueleto. O músculo cardíaco ejeta o sangue através dos vasos sangüíneos do sistema circulatório. O músculo liso impulsiona líquidos e sólidos ao longo do trato digestório e realiza funções variadas em outros sistemas.

p. 240 2. O perimísio é um septo de tecido conectivo que separa fascículos adjacentes em um músculo esquelético. O perimísio contém vasos sangüíneos e nervos que suprem cada um dos fascículos musculares.

p. 240 3. Os tendões são cordões de colágeno que fixam o músculo esquelético aos ossos. As aponeuroses são lâminas tendíneas espessas e achatadas.

p. 240 4. A junção neuromuscular (mioneural) (também chamada de sinapse neuromuscular) é o local onde o axônio encontra o sarcolema muscular, ou membrana celular. A placa motora terminal é a região do sarcolema na sinapse neuromuscular.

p. 245 1. A célula muscular esquelética parece estriada quando é vista ao microscópio porque é composta por miofilamentos de actina e miosina, que são organizados de modo a produzir uma aparência de faixas na célula.

p. 245 2. A miofibrila é uma coleção cilíndrica de miofilamentos no interior de uma célula de músculo cardíaco ou esquelético.

p. 245 3. Os miofilamentos consistem principalmente em actina e miosina, juntamente com proteínas acessórias do filamento fino (tropomiosina e troponina).

p. 245 4. A unidade funcional do músculo esquelético é o sarcômero.

p. 245 5. As proteínas tropomiosina e troponina ajudam a regular as interações entre actina e miosina.

p. 247 1. Durante a contração, a largura da faixa A permanece a mesma e a da banda I fica menor.

p. 247 2. A estimulação de um neurônio motor desencadeia a liberação de substâncias químicas na sinapse neuromuscular, que altera o potencial de membrana no sarcolema. Essa mudança passa rapidamente pela superfície do sarcolema e para os túbulos T. A mudança do potencial de membrana dos túbulos T desencadeia a liberação de íons cálcio pelo retículo sarcoplasmático. Essa liberação dá início à contração, que prossegue conforme a miosina passa por ciclos repetitivos de "conecta, gira, desconecta e retorna".

p. 247 3. As cisternas terminais são câmaras expandidas do retículo sarcoplasmático – elas armazenam íons cálcio, que são necessários para iniciar as atividades contráteis no interior das células dos músculos esqueléticos. Os túbulos transversos são prensados entre as cisternas terminais. Um túbulo transverso é uma invaginação do sarcolema, que conduz o estímulo para o interior da célula. À chegada, ele provoca a liberação de íons cálcio das cisternas terminais e isso resulta em contração muscular.

p. 247 4. O neurotransmissor é um composto químico liberado por um neurônio que afeta o potencial de membrana de outro neurônio.

p. 251 1. O maratonista obtém grandes quantidades de energia para uma explosão relativamente curta de atividade. Para suprir essa demanda de energia, os músculos mudam para o metabolismo anaeróbio. O metabolismo anaeróbio não é tão eficiente na produção de energia quanto o aeróbio, e o processo também gera resíduos ácidos. A combinação de menos energia e resíduos contribui para a fadiga. Os corredores de maratona, por outro lado, obtêm a maior parte de sua energia do metabolismo aeróbio, que é mais eficiente e não produz o nível de resíduos do metabolismo anaeróbio.

p. 251 2. Os indivíduos que, naturalmente, são melhores nas atividades de resistência, como ciclismo ou maratona, têm maior porcentagem de fibras musculares de contração lenta, as quais apresentam melhor adaptação fisiológica para esse tipo de atividade do que as fibras de contração rápida, que são menos vascularizadas e se cansam mais rapidamente.

p. 251 3. Isso depende do número de ramos dos neurônios motores. O número menor de ramos (colaterais) resulta em ativação de apenas alguns neurônios motores.

p. 251 4. O recrutamento é um aumento suave porém constante na tensão muscular produzida em função da elevação do número de unidades motoras ativas.

p. 257 1. Este é um músculo longo que flexiona as articulações dos dedos.

p. 257 2. Cada músculo se insere em uma área de inserção de origem (ponto fixo), que tipicamente permanece estacionária, e em uma área de inserção terminal (ponto móvel), sendo esta que determina o movimento durante a contração muscular.

p. 257 3. O músculo sinergista contrai-se para auxiliar o agonista (ator principal) na realização de uma ação específica.

p. 257 4. *Maior* é usado para descrever músculos de maior tamanho, ao passo que *menor* é usado para descrever músculos menores.

Revisão do capítulo

Nível 1 Revisão de fatos e termos

1. C	**2.** A	**3.** B	**4.** C
5. C	**6.** A	**7.** C	**8.** D
9. B	**10.** C		

Nível 2 Revisão de conceitos

1. C
2. D
3. C
4. C
5. *Reto* significa "sem curvaturas"; esses músculos são paralelos e suas fibras em geral correm ao longo do eixo longitudinal do corpo. Os músculos próximos à superfície do corpo são denominados *externos*. O músculo cujo nome inclui *flexor* indica que a flexão é a principal ação do músculo. O nome *trapézio* indica a forma do músculo.

6. O impulso nervoso chega ao botão terminal da sinapse neuromuscular e faz com que a acetilcolina seja liberada na fenda sináptica. A acetilcolina liberada liga-se, então, aos receptores da superfície do sarcolema, iniciando uma mudança no potencial de membrana local. Essa alteração resulta na geração de sinais elétricos que passam rapidamente pela superfície do sarcolema.

7. Os tecidos conectivos conectam músculos esqueléticos a outras estruturas. Existem três camadas concêntricas de tecido conectivo. A camada externa, ou epimísio, circunda todo o músculo. A camada média, ou perimísio, divide o músculo em uma série de compartimentos internos, cada qual contendo um fascículo (feixe) de fibras musculares. A camada interna, ou endomísio, circunda cada fibra muscular esquelética e une cada fibra a suas vizinhas.

8. Uma unidade motora com 1.500 fibras musculares poderia estar envolvida em movimentos poderosos e flagrantes. Quanto maior o número de fibras em uma unidade motora, mais poderosa será a contração e menor será o controle fino apresentado pela unidade motora.

9. Na zona de sobreposição, os filamentos finos passam entre os filamentos espessos (grossos). É nessa região que a interação entre filamentos finos e espessos ocorre de modo a formar pontes cruzadas para que a contração possa ocorrer e a tensão possa ser gerada.

Nível 3 Pensamento crítico

1. Se um músculo não é estimulado por um neurônio motor regularmente, o músculo perderá tono e massa e ficará fraco (atrofia). Durante o tempo em que a perna de João ficou imobilizada, ela não recebeu estimulação suficiente para manter o tono adequado. Levará algum tempo para que seu músculo volte a garantir a sustentação do peso de seu corpo.

2. O levantamento de peso demanda resistência anaeróbia. Os estudantes podem querer desenvolver fibras rápidas para ter força máxima a curto prazo. Isso pode ser conseguido ao se fazer atividades que envolvem treinamento freqüente e breve, mas intenso, como ocorre nos aparelhos de resistência progressiva. A estimulação repetitiva exaustiva ajudará as fibras rápidas a desenvolverem mais mitocôndrias e maior concentração de enzimas glicolíticas, assim como aumento de tamanho e de força do músculo (hipertrofia).

3. A biópsia muscular é usada para determinar a porcentagem relativa de fibras musculares vermelhas e brancas no interior dos músculos do membro inferior. O indivíduo com porcentagem elevada de músculos brancos tem maior probabilidade de ser um bom velocista do que o indivíduo com maior porcentagem de músculos vermelhos. Ao contrário, um indivíduo com alta porcentagem de músculos vermelhos tem mais possibilidade de ser um bom corredor à distância do que o que tem porcentagem maior de músculos brancos.

CAPÍTULO 10

Revisão dos conceitos

p. 271 1. Os músculos da face (expressão facial) têm inserção de origem na superfície do crânio.

p. 271 2. Os músculos da mastigação movem a mandíbula na articulação temporomandibular durante a mastigação.

p. 271 3. A contração dos músculos extrínsecos do bulbo do olho faz com que os olhos se movimentem superiormente, inferiormente, lateralmente, medialmente, rodem súpero-lateralmente, ou rodem ínfero-lateralmente.

p. 271 4. Os músculos da faringe são importantes para a deglutição.

p. 279 1. Uma lesão dos músculos intercostais externos interferiria no processo de respiração.

p. 279 2. Uma batida ou um choque no músculo reto do abdome pode fazer com que o músculo se contraia vigorosamente, resultando em flexão do tronco. Em outras palavras, você "se dobra".

p. 279 3. Os músculos do diafragma da pelve têm as seguintes funções: (1) sustentação dos órgãos da cavidade pélvica, (2) flexão das articulações do sacro e do cóccix e (3) controle do movimento de materiais através da uretra e do canal anal.

p. 279 4. O diafragma é um importante músculo da respiração.

Revisão do capítulo

Nível 1 Revisão de fatos e termos

1. H	**2.** D	**3.** A	**4.** I
5. F	**6.** B	**7.** J	**8.** E
9. C	**10.** G	**11.** B	**12.** B
13. A	**14.** B	**15.** C	**16.** A
17. C	**18.** B	**19.** A	**20.** D

Nível 2 Revisão de conceitos

1. C
2. A
3. B
4. C
5. Além de usar os músculos flexores, o tronco pode se mover para a frente com a ajuda da gravidade. O volume da massa do corpo é anterior à coluna vertebral, fazendo com que o movimento na direção anterior seja mais fácil.
6. Todos os músculos extrínsecos e intrínsecos da língua estão envolvidos em diferentes aspectos do processo de deglutição. Esses músculos controlam a posição do bolo alimentar na língua e o posicionam corretamente para o início da deglutição.
7. A contração do músculo oblíquo interno do abdome efetua as seguintes atividades: comprime o abdome; abaixa as costelas; e flexiona, dobra para o lado ou roda a coluna vertebral.
8. Os músculos anteriores do pescoço controlam a posição da laringe, abaixam a mandíbula, tensionam o soalho da boca e constituem uma base estável para os músculos da língua e da faringe.
9. O diafragma é um importante músculo da respiração. Está incluído na musculatura axial porque, em termos de desenvolvimento, está ligado a outros músculos da parede torácica.
10. Os músculos incluem os grupos do eretor da espinha e dos multífidos, assim como do esternocleidomastóideo. Esses músculos controlam a posição da cabeça, mantendo reflexamente a postura e movendo a cabeça voluntariamente.

Nível 3 Pensamento crítico

1. Os músculos do trígono anal formam a região posterior do períneo, que tem limites estabelecidos pelas margens inferiores da pelve. Uma lâmina muscular, o diafragma da pelve, constitui a base do trígono anal e se estende anteriormente para cima, até o "diafragma urogenital", para inserir-se anteriormente na região posterior da sínfise púbica. O músculo esfincter externo do ânus nessa região circunda a abertura do canal anal.
2. A contração dos músculos frontal e prócero faz com que Maria eleve as sobrancelhas e enrugue a fronte, e com que mova o nariz e mude a posição e a forma das narinas. A elevação das sobrancelhas e a abertura das narinas mostram que ela está apreensiva quanto a esse encontro.

CAPÍTULO 11

Revisão dos conceitos

p. 290 1. Os músculos do "manguito rotador" são o supra-espinal, o infra-espinal, o subescapular e o redondo menor. Os tendões desses músculos ajudam a confinar e estabilizar a articulação do ombro.

p. 290 2. O músculo em forma de leque que se insere ao longo da superfície anterior da margem medial da escápula é o serrátil anterior.

p. 290 3. O músculo deltóide é o principal abdutor na articulação do ombro.

p. 290 4. O músculo redondo maior e o latíssimo do dorso produzem extensão, adução e rotação medial no ombro.

p. 297 1. A lesão do músculo flexor ulnar do carpo impede a flexão e a adução no punho.

p. 297 2. Os músculos pronador redondo e supinador inserem-se no úmero e no antebraço. Rodam o rádio sem flexionar ou estender o cotovelo.

p. 297 3. Os tendões que cruzam as superfícies dorsal e ventral do punho passam através das bainhas tendíneas, bolsas alongadas que reduzem o atrito.

p. 297 4. A fáscia espessada do antebraço na superfície posterior do punho é o retináculo dos músculos extensores.

p. 314 1. A lesão dos músculos obturadores interfere com sua capacidade de realizar a rotação lateral no quadril.

p. 314 2. Os músculos posteriores da coxa são um grupo de três músculos que funcionam coletivamente na flexão do joelho. Esses músculos são o bíceps femoral, o semimembranáceo e o semitendíneo.

p. 314 3. Os músculos pectíneo e grácil pertencem ao grupo de músculos adutores que movimentam a coxa.

p. 314 4. Coletivamente, os músculos extensores do joelho são conhecidos como músculo quadríceps femoral.

Revisão do capítulo

Nível 1 Revisão de fatos e termos

1. C	**2.** K	**3.** I	**4.** G
5. J	**6.** D	**7.** F	**8.** B
9. E	**10.** H	**11.** A	**12.** B
13. B	**14.** B	**15.** D	**16.** D

Nível 2 Revisão de conceitos

1. C
2. D
3. D
4. B
5. O músculo bíceps braquial exerce ações na articulação do ombro (flexão), do cotovelo (flexão) e radiulnar (supinação, também denominada rotação lateral).
6. O músculo que aumenta bastante nos bailarinos em função da necessidade de flexionar e abduzir o quadril e que sustenta o joelho lateralmente é o tensor da fáscia lata.
7. Os músculos mais envolvidos são os adutores da coxa, que ficam estirados quando a perna é sustentada no quadril e no tendão do calcâneo. Outros músculos que também podem ser estirados são os posteriores da coxa, em especial se o dançarino se inclinar para a frente na barra.
8. Os músculos intrínsecos da mão estão envolvidos no controle fino dos movimentos da mão e dos dedos.
9. O músculo tensor da fáscia lata e o glúteo máximo fazem tração no trato iliotibial, uma faixa de fibras colágenas que proporciona um reforço lateral para o joelho. É especialmente importante quando uma pessoa se equilibra em um pé só.
10. Essas bainhas de tecido conectivo que circundam a articulação do punho e do tornozelo atuam como munhequeiras e tornozeleiras e permitem que os tendões dos grandes músculos extensores e flexores da mão e do pé passem profundamente a elas. Essas estruturas mantêm os tendões junto à superfície do membro e mudam com eficiência a posição a partir da qual os tendões atuam para mudar a posição da mão e do pé.

Nível 3 Pensamento crítico

1. Os músculos intrínsecos da mão permitem que se aperte (segure) com precisão uma caneta, lápis ou pincel para realizar os pequenos movimentos delicados necessários para escrever ou desenhar. Contudo, os grandes músculos do membro superior mantêm a posição própria do membro para escrever ou desenhar.
2. José provavelmente teve lesão do músculo semimembranáceo e/ou do semitendíneo, porque esses dois músculos estão envolvidos basicamente na ação para a qual ele está tendo dificuldade.
3. Apesar do músculo peitoral maior fazer trajeto através do tórax, insere-se no tubérculo maior do úmero, o grande osso do braço. Quando o músculo se contrai, contribui para flexão, adução e rotação medial do úmero na articulação do ombro. Todos esses movimentos do braço ficam parcialmente prejudicados se o músculo sofre alguma lesão.

CAPÍTULO 13

Revisão dos conceitos

p. 349 1. As duas subdivisões anatômicas do sistema nervoso são a parte central (sistema nervoso central) e a parte periférica (sistema nervoso periférico).

p. 349 2. As células de sustentação no tecido nervoso são denominadas células da glia ou neuróglia.

p. 349 3. Os astrócitos ajudam a manter a barreira hemato-encefálica.

p. 349 4. Os oligodendrócitos produzem um revestimento isolante que envolve os axônios e é chamado de mielina.

p. 349 5. No sistema nervoso periférico, as células de Schwann formam um revestimento de mielina em torno dos axônios.

p. 352 1. Os neurônios sensitivos do sistema nervoso periférico em geral são pseudounipolares; assim, estão associados com mais probabilidade aos órgãos dos sentidos.

p. 352 2. As células microgliais são pequenas células fagocíticas encontradas em número crescente nas regiões com lesão e doença do SNC.

p. 353 1. A secção do axônio de um neurônio impede a transmissão do impulso nervoso ao longo da extensão do axônio.

p. 353 2. As fibras mielínicas conduzem potenciais de ação muito mais rápidos do que as fibras amielínicas, de modo que o axônio que conduz a 50 m/s é mielínico.

p. 353 3. Excitabilidade é a capacidade de a membrana celular conduzir impulsos elétricos.

p. 354 4. As alterações conduzidas no potencial transmembrana são denominadas potenciais de ação.

p. 357 1. A sinapse pode ser vesicular (química), envolvendo uma substância neurotransmissora, ou não-vesicular (elétrica), com junções comunicantes que proporcionam contato físico direto entre as células.

p. 357 2. As sinapses excitadoras promovem a geração de impulsos nervosos na célula pós-sináptica, ao passo que as sinapses inibidoras se opõem à geração de impulsos nervosos na célula pós-sináptica.

p. 357 3. A divergência é a disseminação de informações de um neurônio para vários outros, ou de um grupo para diversos grupos. A convergência ocorre quando vários neurônios fazem sinapse no mesmo neurônio pós-sináptico, ou diversos grupos neuronais fazem sinapse em um grupo neuronal.

p. 357 4. Um núcleo é uma coleção de corpos celulares de neurônios no SNC com uma função comum. Os feixes de axônios no SNC que compartilham origens, destinos e funções comuns são chamados de tratos. Os núcleos e tratos que ligam o encéfalo com o restante do corpo são denominados vias nervosas.

Revisão do capítulo

Nível 1 Revisão de fatos e termos

1. C	**2.** J	**3.** H	**4.** E
5. B	**6.** I	**7.** F	**8.** D
9. A	**10.** G	**11.** B	**12.** D
13. D	**14.** A	**15.** C	**16.** B
17. B	**18.** D	**19.** C	**20.** B

Nível 2 Revisão de conceitos

1. D

2. B

3. C

4. Os ramos colaterais possibilitam que um único neurônio se comunique com várias outras células ao mesmo tempo.

5. Os exteroceptores fornecem informações sobre o ambiente externo, na forma de tato, temperatura, pressão, visão, olfação, audição e gustação. Os interoceptores monitoram os sistemas digestório, respiratório, circulatório, urinário e genital e proporcionam sensações de gosto, pressão profunda e dor.

6. A barreira hemato-encefálica é necessária para isolar o tecido nervoso da circulação geral, porque os hormônios ou outras substâncias químicas normalmente presentes no sangue podem ter efeitos prejudiciais sobre a função neuronal.

7. O SNC é responsável pela integração, pelo processamento e pela coordenação das informações sensitivas e comandos motores. Também é sede de funções superiores, como inteligência, memória, aprendizado e emoção. O SNP proporciona informações sensitivas para o SNC e conduz comandos motores para os tecidos e sistemas periféricos.

8. O sistema nervoso somático controla as contrações de músculo estriado esquelético, que podem ser voluntárias ou reflexas. O sistema nervoso autônomo regula o músculo liso, o músculo estriado cardíaco e a atividade glandular, em geral sem que tenhamos consciência ou controle voluntário.

9. A sinapse não-vesicular é um condutor mais eficiente de impulsos nervosos do que a sinapse vesicular, porque as duas células são ligadas por junções comunicantes e funcionam como se partilhassem um plasmalema comum. Contudo, as sinapses vesiculares são mais versáteis, porque a membrana neuronal pode ser influenciada por estímulos excitadores e inibidores simultaneamente. A membrana celular em uma sinapse não-vesicular simplesmente passa o sinal de uma célula para outra, enquanto a sinapse vesicular integra informações que chegam através de diversas sinapses.

10. No processamento seriado, as informações podem ser transmitidas em seqüência escalonada, de um neurônio para outro ou de um grupo de neurônios para o seguinte. O processamento paralelo ocorre quando diversos neurônios ou grupos neuronais estão processando a mesma informação ao mesmo tempo.

Nível 3 Pensamento crítico

1. Os potenciais de ação fazem trajeto mais rápido ao longo das fibras mielínicas do que ao longo das amielínicas. A destruição da bainha de mielina mostra o tempo que os neurônios motores levam para comunicar-se com os músculos efetores. Essa demora de resposta resulta em graus variáveis de atividade muscular descoordenada. A situação é muito semelhante à do recém-nascido; o lactente não pode controlar os membros superiores e inferiores muito bem, porque as bainhas de mielina ainda estão sendo apostas durante o primeiro ano de vida. Uma vez que nem todos os neurônios motores para o mesmo músculo podem ser desmielinizados no mesmo grau, algumas fibras são lentas para responder, enquanto outras respondem normalmente, produzindo contrações erráticas e mal controladas.

2. No processo conhecido como degeneração walleriana, as partes dos axônios distalmente ao local da lesão deterioram, e os macrófagos migram para fagocitar os resíduos. As células de Schwann na região dividem-se e formam um cordão celular sólido que segue o percurso do axônio original. Conforme o neurônio se recupera, seu axônio cresce até o local da lesão e as células de Schwann o envolvem. Se o axônio continuar a crescer na periferia ao longo do cordão apropriado de células de Schwann, pode, por fim, restabelecer os contatos sinápticos normais. Se ele parar de crescer ou vagar em alguma nova direção, a função normal não retornará.

3. Não, o pai de Eva não está totalmente correto. Para tratar a doença de Eva, toda medicação utilizada tem de passar através da barreira hemato-encefálica. As altas doses de antibióticos serão necessárias para facilitar sua passagem através da barreira hemato-encefálica.

CAPÍTULO 14

Revisão dos conceitos

p. 365 1. A raiz anterior do nervo espinal é composta por fibras motoras viscerais e somáticas. A lesão nessa raiz interfere nas funções motoras.

p. 365 2. O líquido cerebrospinal encontra-se no espaço subaracnóideo, que se situa entre a aracnóide-máter e a pia-máter.

p. 365 3. As duas intumescências espinais são a intumescência cervical e a intumescência lombossacral. Essas regiões têm tamanho maior devido ao aumento da quantidade dos corpos celulares dos neurônios na substância cinzenta nesse local. Esses segmentos de medula espinal relacionam-se com a inervação dos membros superiores e inferiores.

p. 365 4. Cada gânglio na raiz posterior contém corpos celulares de neurônios sensitivos.

p. 369 1. Visto que o vírus da poliomielite pode localizar-se nos neurônios motores somáticos, ele pode ser encontrado nos cornos anteriores da medula espinal, onde os corpos celulares desses neurônios estão situados.

p. 369 2. A substância branca é organizada em funículos (anterior, lateral e posterior) em torno do "H" medular, externamente na medula espinal.

p. 369 3. As projeções de substância cinzenta na direção da superfície da medula espinal são denominadas cornos.

p. 369 4. Os tratos ascendentes conduzem informações sensitivas para o encéfalo. Os tratos descendentes conduzem comandos motores para a medula espinal.

p. 376 1. Os nervos frênicos que inervam o diafragma originam-se no plexo cervical. A lesão desse plexo ou, mais especificamente, dos nervos frênicos, interfere gravemente na capacidade de respirar e possivelmente resulta em óbito por sufocação.

p. 376 2. A camada mais externa é chamada de epineuro. Ela circunda todo o nervo. A camada média, ou perineuro, divide o nervo em uma série de compartimentos que contêm feixes de axônios. Um único feixe é denominado fascículo. O endoneuro é a camada mais interna e circunda cada um dos axônios.

p. 376 3. Os ramos comunicantes branco e cinzento conectam o nervo espinal a um gânglio autônomo simpático próximo. O ramo comunicante branco apresenta axônios pré-ganglionares que são mielínicos a partir do nervo até o gânglio. O ramo comunicante cinzento apresenta axônios pós-ganglionares amielínicos do gânglio de volta para o nervo espinal.

p. 376 4. O plexo braquial pode ter sofrido lesão.

p. 382 1. O reflexo é a resposta motora imediata e "involuntária" a um estímulo específico.

p. 382 2. (1) Chegada de um estímulo e ativação de um receptor. (2) Transmissão de informação para o SNC. (3) Processamento de informações. (4) Ativação de um neurônio motor no SNC. (5) Resposta de um efetor periférico.

p. 382 3. O reflexo monossináptico tem um neurônio sensitivo fazendo sinapse direta com um neurônio motor. O reflexo polissináptico tem mais de uma sinapse entre os locais do estímulo e da resposta.

p. 382 4. Os reflexos são classificados de acordo com (1) seu desenvolvimento, (2) local em que ocorre o processamento das informações, (3) natureza da resposta motora resultante, ou (4) complexidade do circuito nervoso envolvido.

Revisão do capítulo

Nível 1 Revisão de fatos e termos

1. D	**2.** I	**3.** A	**4.** G
5. B	**6.** C	**7.** J	**8.** F
9. H	**10.** E	**11.** B	**12.** C
13. C	**14.** D	**15.** D	**16.** D
17. B	**18.** D	**19.** A	**20.** B

Nível 2 Revisão de conceitos

1. D

2. D

3. A

4. As meninges fornecem um envoltório protetor rígido, estabilidade física longitudinal e um espaço para um líquido amortecedor de choque.

5. Um reflexo é uma resposta "involuntária" imediata, ao passo que o movimento motor voluntário está sob controle consciente e é voluntário.

6. As informações sensitivas de entrada seriam prejudicadas.

7. A transmissão de informações entre neurônios nas sinapses ocorre por um período finito. Assim, quanto mais sinapses houver em uma via reflexa, maior será a demora entre o estímulo e as respostas. Em um reflexo monossináptico, há apenas uma sinapse. Ele tem o período de resposta mais rápido. No reflexo polissináptico, existem múltiplas sinapses, cada uma contribuindo com a demora geral.

8. Na região cervical, o primeiro par de nervos espinais, C1, sai entre o crânio e a primeira vértebra cervical. Depois disso, um nervo espinal cervical numerado sai depois de cada vértebra. Por exemplo, o nervo C2 sai depois da vértebra C I, o nervo C3 sai depois da vértebra C II, e assim por diante, até que o nervo C8 saia depois da vértebra C VII.

9. Os ligamentos denticulados impedem os movimentos de um lado para outro da medula espinal.

10. A medula espinal adulta estende-se apenas até a vértebra L I ou L II. Abaixo desse ponto, no canal vertebral, as camadas meníngeas envolvem os componentes relativamente resistentes da cauda eqüina e uma quantidade substancial de LCE.

Nível 3 Pensamento crítico

1. O músculo reto do abdome é sempre rebatido lateralmente, porque ele é inervado por T7 a T12, que entram através da região posterior ao longo de sua margem lateral. Se o músculo estivesse rebatido medialmente, os nervos seriam lacerados, paralisando, assim, o músculo.

2. A parte da medula espinal com maior probabilidade de sofrer compressão é um trato ascendente.

3. Os neurônios do corno anterior da medula espinal são neurônios motores somáticos que comandam a atividade dos músculos esqueléticos. Os segmentos lombares da medula espinal controlam os músculos esqueléticos envolvidos nos movimentos do quadril e do membro inferior. Em resposta à lesão, Karina teria controle deficitário da maior parte dos músculos do membro inferior, um problema de marcha (se é que pudesse andar) e (se pudesse ficar em pé) problemas para manter o equilíbrio.

CAPÍTULO 15

Revisão dos conceitos

p. 389 1. As seis partes do encéfalo adulto são o telencéfalo (cérebro), o diencéfalo, o mesencéfalo, a ponte, o cerebelo e o bulbo.

p. 389 2. As três partes do tronco encefálico são o mesencéfalo, a ponte e o bulbo.

p. 389 3. Os ventrículos são câmaras cheias de líquido cerebrospinal no interior do telencéfalo, diencéfalo, metencéfalo e porção superior do mielencéfalo. Os ventrículos são revestidos por células ependimárias.

p. 389 4. As vesículas encefálicas secundárias e as regiões do encéfalo associadas com cada uma delas ao nascimento são telencéfalo (cérebro), diencéfalo (epitálamo, tálamo e hipotálamo), mesencéfalo, metencéfalo (cerebelo e ponte) e mielencéfalo (bulbo).

p. 395 1. As quatro projeções da dura-máter são a foice do cérebro, o tentório do cerebelo, a foice do cerebelo e o diafragma da sela.

p. 395 2. A pia-máter é uma membrana altamente vascularizada composta principalmente de tecido conectivo areolar. Atua como um soalho que sustenta os grandes vasos encefálicos quando eles se ramificam na superfície do encéfalo, invadindo os contornos neurais para irrigar áreas superficiais do córtex neural.

p. 395 3. A barreira hemato-encefálica funciona de modo a isolar o SNC da circulação geral.

p. 395 4. O líquido cerebrospinal (LCE) tem várias funções: acolchoar as delicadas estruturas do SNC; sustentar o encéfalo e transportar nutrientes, mensageiros químicos e resíduos. O LCE é produzido pelo plexo corióideo, uma combinação de células ependimárias especializadas e capilares permeáveis no revestimento dos ventrículos encefálicos.

p. 404 1. O lobo frontal contém o córtex motor primário para as atividades musculares voluntárias. Além disso, contém o córtex pré-frontal, que integra informações e realiza funções intelectuais abstratas. O lobo parietal contém o córtex sensitivo primário, que recebe informações somatossensoriais. O lobo occipital contém o córtex visual para a percepção consciente de estímulos visuais. O lobo temporal contém o córtex auditivo e o olfatório para a percepção consciente de estímulos auditivos e olfatórios.

p. 404 2. Os giros são cristas elevadas na superfície do cérebro. Os sulcos são as depressões rasas que separam os giros vizinhos.

p. 404 3. Os três principais grupos de axônios da substância branca central são (1) fibras de associação, tratos que interligam diferentes áreas de córtex presentes num único hemisfério cerebral; (2) fibras comissurais, tratos que interligam os dois hemisférios cerebrais; e (3) fibras de projeção, tratos que interligam o cérebro a outras regiões do encéfalo e da medula espinal.

p. 410 1. As alterações da temperatura corporal estimulariam a área pré-óptica do hipotálamo, uma parte do diencéfalo.

p. 410 2. O tálamo coordena atividades motoras somáticas nos níveis de consciência e subconsciência.

p. 410 3. A parte posterior do epitálamo contém a glândula pineal, que secreta melatonina.

p. 410 4. O hipotálamo produz e secreta dois hormônios: hormônio antidiurético, produzido pelo núcleo supra-óptico, e ocitocina, produzida pelo núcleo paraventricular.

p. 415 1. O verme do cerebelo e a "árvore da vida" são estruturas associadas ao cerebelo.

p. 415 2. O bulbo é pequeno, mas contém muitos centros de reflexos vitais, inclusive os que controlam a respiração e regulam o coração e a pressão sangüínea. A lesão do bulbo pode resultar em cessação da respiração, ou alterações da freqüência cardíaca e da pressão arterial que são incompatíveis com a vida. Ao contrário, a lesão de uma pequena região do telencéfalo (cérebro) pode afetar uma área/função específica. Pode não ser fatal.

p. 415 3. Esses núcleos, coletivamente chamados de corpos quadrigêmeos, são estações de relé relacionadas com o processamento das sensações visuais e auditivas.

p. 415 4. Os movimentos voluntários ficam hesitantes e espasmódicos. Um tremor contínuo pode ocorrer durante o repouso.

p. 427 1. O nervo craniano responsável pelos movimentos da língua é o hipoglosso.

p. 427 2. Visto que o nervo abducente (NC VI) controla os movimentos laterais dos olhos, espera-se que o indivíduo com lesão nesse nervo seja incapaz de mover os olhos lateralmente.

p. 427 3. O nervo vestibulococlear (NC VIII) relaciona-se com o equilíbrio. O ramo deve ser o nervo vestibular.

p. 427 4. O nervo facial (NC VII) está envolvido com a detecção sensorial do gosto (paladar).

Revisão do capítulo

Nível 1 Revisão de fatos e termos

1. C	**2.** H	**3.** J	**4.** F
5. E	**6.** A	**7.** D	**8.** B
9. G	**10.** I	**11.** B	**12.** A
13. D	**14.** D	**15.** A	**16.** B
17. D	**18.** C	**19.** D	**20.** D

Nível 2 Revisão de conceitos

1. C
2. A
3. B
4. O córtex pré-motor do lobo frontal.
5. Os impulsos nervosos dos proprioceptores devem passar através do complexo olivar inferior em seu trajeto para o cerebelo.
6. Os núcleos envolvidos no movimento coordenado da cabeça na direção de um som alto são os dos colículos inferiores.
7. Os nervos cranianos que participam coletivamente da função ocular são II, III, IV, V e VI.
8. A pessoa poderia ter uma lesão no sistema límbico.
9. A ponte fornece ligação entre os hemisférios do cerebelo e o mesencéfalo, o diencéfalo, o cérebro e a medula espinal.
10. A barreira hemato-encefálica menos íntegra sugere que o endotélio está extremamente permeável. Essa permeabilidade expõe os núcleos hipotalâmicos aos hormônios circulantes e permite a difusão de hormônios hipotalâmicos na circulação.

Nível 3 Pensamento crítico

1. O líquido cerebrospinal acumula-se no interior do crânio da criança, fazendo com que os ossos do crânio, que ainda não se fundiram, fiquem um pouco expandidos nas suturas. Como as granulações aracnóideas, que, via de regra, servem para drenar o LCE, não se desenvolvem até que as crianças atinjam os 3 anos de idade, é preciso instalar um dreno para reduzir a quantidade de líquido retido dentro do crânio. Esse dreno é chamado de desvio e em geral drena nas veias jugulares.
2. A doença é paralisia de Bell, e é causada pela inflamação do nervo facial. O problema é facilmente distinguido do tique doloroso, porque em geral é indolor e desaparece sozinho dentro de alguns dias ou semanas.
3. A pessoa pode ter hemorragia extradural (epidural), lesão extremamente grave que ocorre quando uma artéria – um dos vasos meníngeos – se rompe e permite que o sangue extravase para o espaço extradural (epidural). Dependendo do tamanho da ruptura, maior ou menor quantidade de sangue pode entrar no espaço, e em diferentes velocidades. Essas lesões causam óbito em 100% dos casos não-tratados e em aproximadamente 50% dos casos tratados, porque o cérebro pode sofrer lesão por compressão e ausência da irrigação sangüínea normal antes que o problema seja descoberto.

CAPÍTULO 16

Revisão dos conceitos

p. 441 1. O fascículo grácil na coluna posterior da medula espinal é responsável pela condução de informações sobre o tato e a pressão da parte inferior do corpo para o encéfalo.

p. 441 2. A base anatômica do controle motor que ocorre no lado oposto é o cruzamento em "X" (decussação), e as fibras motoras corticospinais fazem sinapse com os neurônios motores inferiores do lado oposto do corpo.

p. 441 3. A porção superior do córtex motor controla o membro superior e a porção superior do membro inferior. Uma lesão nessa área pode afetar a capacidade de controlar os músculos nessas regiões do corpo.

p. 442 4. (a) Tratos tetospinais, (b) tratos vestibulospinais.

p. 445 1. A incapacidade de compreender a palavra falada ou escrita indica um problema com a área integrativa geral do cérebro, que, na maioria dos indivíduos, situa-se no lobo temporal esquerdo do cérebro.

p. 446 2. A dificuldade de falar indica que o centro da fala, também chamado de área de Broca, está comprometido.

p. 446 3. Consolidação de memória é a conversão da memória imediata para memória pregressa.

p. 446 4. O córtex pré-frontal faz previsões sobre eventos futuros.

p. 447 1. O sistema ativador reticular ascendente (SARA) é responsável por excitar o cérebro até o estado de consciência. Se o SARA de um indivíduo que está dormindo for estimulado, ele certamente acorda.

p. 447 2. O encéfalo é afetado pela idade. Algumas alterações anatômicas comuns relacionadas com a idade no SNC são: (1) redução do tamanho e do peso do encéfalo, (2) perda de neurônios corticais, (3) redução do fluxo sangüíneo para o encéfalo devido ao acúmulo de depósitos de gordura, (4) redução do número e da organização de ramificações dendríticas e conexões sinápticas e (5) acúmulo anormal de depósitos intercelulares, inclusive placas e glomérulos neurofibrilares.

Revisão do capítulo

Nível 1 Revisão de fatos e termos

1. H	**2.** E	**3.** A	**4.** K
5. B	**6.** F	**7.** C	**8.** I
9. J	**10.** D	**11.** G	**12.** A
13. D	**14.** D	**15.** B	**16.** B
17. D	**18.** C	**19.** C	**20.** B

Nível 2 Revisão de conceitos

1. A
2. D
3. B
4. B
5. O neurônio de primeira ordem é o neurônio sensitivo que conduz as sensações para o SNC.
6. O homúnculo sensitivo é distorcido porque a área do córtex cerebral sensitivo destinada a uma região do corpo em particular não é proporcional ao seu tamanho absoluto, mas sim ao número de receptores que a região contém.
7. Os núcleos da base são centros de processamento que proporcionam padrões de movimento envolvidos no desempenho das atividades motoras voluntárias.
8. Os sistemas piramidal e extrapiramidal funcionam eficientemente quando seus sinais são reajustados continuamente conforme o movimento ocorre. O complexo processamento e a integração de informações neurais de estruturas periféricas, as informações visuais e as sensações relacionadas ao equilíbrio, da orelha interna, são realizados pelo cerebelo.
9. O centro da fala, ou área de Broca, situa-se ao longo da margem do córtex pré-motor no mesmo hemisfério (esquerdo), como área integrativa geral.
10. Os tratos vestibulospinais garantem a regulação involuntária de equilíbrio em resposta às sensações da orelha interna. Os tratos reticulospinais garantem a regulação involuntária da atividade reflexa e funções autônomas.

Nível 3 Pensamento crítico

1. O problema da medula espinal de Sandra, provavelmente, está situado no trato espinotalâmico lateral no lado direito, em algum ponto próximo do nível do segmento espinal L2. Para descobrir isso, você precisa determinar: (1) que trato conduz informações sensitivas do membro inferior, (2) onde se encontra sua decussação e (3) quais segmentos espinais inervam o quadril e o membro inferior, conforme detalhado na ilustração do dermátomo no Capítulo 14 (Figura 14.8).
2. A pessoa em questão sofreu um derrame, ou acidente vascular encefálico (AVE). Os sintomas indicam que a artéria danificada era a artéria cerebral média do lado esquerdo do cérebro.

CAPÍTULO 17

Revisão dos conceitos

p. 453 1. Os neurônios pré-ganglionares têm o corpo celular no SNC, e seus axônios projetam-se para os gânglios no SNP; os neurônios ganglionares (ou pós-ganglionares) têm o corpo celular nos gânglios do SNP, e seus axônios inervam células efetoras.

p. 453 2. A parte simpática (toracolombar) e a parte parassimpática (craniossacral).

p.453 3. Norepinefrina (noradrenalina) é o neurotransmissor liberado pela maioria dos terminais simpáticos pós-ganglionares.

p. 453 4. Músculo estriado cardíaco no coração e músculo liso, glândulas e tecido adiposo em todos os órgãos.

p. 460 1. Os neurônios que fazem sinapse nos gânglios colaterais (pré-vertebrais) originam-se nas regiões torácica inferior e lombar superior da medula espinal, e passam através do tronco simpático sem fazer sinapse antes de atingir os gânglios colaterais (pré-vertebrais).

p. 460 2. O bloqueio dos receptores beta nas células reduz ou impede a estimulação simpática desses tecidos. Isso pode resultar em redução da freqüência cardíaca e da força de contração, e relaxamento do músculo liso nas paredes; essa combinação pode reduzir a pressão arterial.

p. 460 3. Os gânglios do tronco simpático (gânglios paravertebrais) são laterais, em cada lado da coluna vertebral. Os gânglios colaterais (gânglios pré-vertebrais) são anteriores à coluna vertebral.

p. 461 1. O neurotransmissor é acetilcolina.

p. 461 2. Os receptores nicotínicos e os receptores muscarínicos.

p. 461 3. São gânglios situados nos tecidos de seus órgãos-alvo.

p. 461 4. (1) A grande difusão de fibras pré-ganglionares na parte simpática distribui impulsos para muitos órgãos e tecidos distintos ao mesmo tempo; e (2) a liberação de adrenalina e noradrenalina pela medula supra-renal (adrenal) afeta tecidos e órgãos em todo o corpo.

p. 467 1. Dupla inervação significa que a maioria dos órgãos vitais recebe comandos das partes simpática e parassimpática.

p. 467 2. Reflexos viscerais são as unidades funcionais mais simples do sistema nervoso autônomo. Geram respostas motoras automáticas que podem ser modificadas, facilitadas ou inibidas pelos centros superiores, em especial os do hipotálamo.

p. 467 3. O plexo celíaco, o plexo mesentérico inferior e o plexo hipogástrico.

Revisão do capítulo

Nível 1 Revisão de fatos e termos

1. C	**2.** G	**3.** H	**4.** D
5. I	**6.** A	**7.** E	**8.** J
9. B	**10.** F	**11.** D	**12.** B
13. C	**14.** D	**15.** D	**16.** C
17. B	**18.** C	**19.** B	**20.** D

Nível 2 Revisão de conceitos

1. D
2. A
3. B
4. D
5. Não existem enzimas para degradar a epinefrina (adrenalina) e a norepinefrina (noradrenalina) no sangue e há muito poucas nos tecidos do corpo.
6. A parte parassimpática inerva apenas as estruturas viscerais supridas por alguns nervos cranianos ou que se localizam nas cavidades torácica e/ou abdominopélvica. A parte simpática propicia inervação ampla e difusa devido à extrema ramificação colateral das fibras pré-ganglionares, que atingem órgãos e tecidos em todo o corpo.
7. A distribuição de fibras colinérgicas ganglionares simpáticas constitui um método de regulação da secreção das glândulas sudoríferas na pele.
8. Os gânglios do tronco simpático recebem fibras pré-ganglionares dos segmentos toracolombares da medula espinal, e são interconectados por fibras pré-ganglionares e axônios de cada gânglio no tronco que inerva um determinado segmento do corpo. Os gânglios colaterais (pré-vertebrais) são parte dos plexos autônomos abdominais anteriores à coluna vertebral. As fibras simpáticas pré-ganglionares atingem os gânglios colaterais como nervos esplâncnicos. Os gânglios intramurais (também denominados gânglios terminais) são parassimpáticos. Situam-se perto ou no interior dos tecidos das vísceras.
9. A parte simpática do SNA estimula o metabolismo, aumenta o estado de alerta e prepara o corpo para as situações de emergência do tipo "lutar ou fugir". A parte parassimpática promove relaxamento, captação de nutrientes, armazenamento de energia e "repouso e inação".
10. Os neurônios motores viscerais, denominados neurônios pré-ganglionares, enviam seus axônios, chamados de fibras pré-ganglionares, do SNC para fazerem sinapse nos neurônios ganglionares (pós-ganglionares), cujos corpos celulares situam-se nos gânglios no SNP.

Nível 3 Pensamento crítico

1. O bloqueio de estimulação do sistema nervoso autônomo para o estômago através do nervo vago reduz a estimulação das glândulas digestivas, reduzindo, assim, sua secreção. Isso pode reduzir a ocorrência de úlceras na parede do estômago.
2. A síndrome de Bernard-Horner é causada por lesão da inervação pós-ganglionar simpática em um dos lados da face. Os sintomas, normalmente limitados ao lado afetado, incluem rubor facial, impossibilidade de transpirar, pupila acentuadamente contraída, pálpebras caídas e aparência afundada do olho.
3. Cassandra deve ser tratada com epinefrina (adrenalina). Isso mimetizaria a ativação simpática, que dilata as vias aéreas nos pulmões. A constrição das vias aéreas pode ser aliviada.

CAPÍTULO 18

Revisão dos conceitos

p. 472 1. As terminações nervosas livres podem ser ativadas por energia química, pressão, alterações de temperatura ou lesões físicas.

p. 472 2. Os receptores tônicos são sempre ativos, ao passo que os receptores fásicos normalmente são inativos, mas ficam ativos por curtos períodos.

p. 472 3. Sensação é a informação sensitiva que chega ao SNC.

p. 472 4. Sentidos gerais referem-se às sensações de temperatura, dor, tato, pressão, vibração e propriocepção.

p. 475 1. Uma vez que os nociceptores são receptores de dor, se eles forem estimulados você terá uma sensação de dor na mão afetada.

p. 475 2. Os proprioceptores transmitem informações sobre posição e movimento dos membros para o sistema nervoso central, em especial o cerebelo. A falta dessa informação resultaria em movimentos descoordenados, e o indivíduo provavelmente seria incapaz de andar.

p. 475 3. Os três tipos de mecanoceptores são os receptores de tato, os baroceptores e os proprioceptores.

p. 480 1. Existem quatro sabores primários: doce, saldado, azedo e amargo.

p. 480 2. Quando você fica resfriado(a), as moléculas transportadas pelo ar não podem atingir os receptores olfatórios e as refeições ficam sem gosto e pouco atraentes.

p. 480 3. Os receptores gustatórios estão agrupados em calículos gustatórios. As papilas linguais contêm esses calículos.

p. 480 4. A língua tem três tipos de papilas: filiformes, fungiformes e circunvaladas*.

p. 486 1. Dois pequenos músculos contraem para proteger a membrana timpânica e os ossículos da audição dos movimentos violentos. São eles o músculo tensor do tímpano e o estapédio.

p. 486 2. Esses ossículos da audição são os três diminutos ossos da orelha que se situam no interior da orelha média. Atuam como alavancas que transferem as vibrações sonoras da membrana timpânica para uma câmara cheia de líquido no interior da orelha interna.

p. 486 3. Perilinfa é um líquido cujas propriedades assemelham-se muito às do líquido cerebrospinal. Ela preenche o espaço entre os labirintos ósseo e membranáceo (espaço perilinfático).

p. 486 4. O balanço da cabeça para sinalizar "não" estimula as células "pilosas" (ciliadas) do ducto semicircular lateral. Essa estimulação é interpretada pelo cérebro como um movimento da cabeça.

p. 490 1. Sem o movimento da membrana presente na janela da cóclea, a perilinfa poderia ser movida pela vibração do estribo na janela do vestíbulo, e haveria pouca ou nenhuma percepção do som.

p. 490 2. A perda dos estereocílios (como resultado de constante exposição a ruídos intensos, por exemplo) reduziria a sensibilidade auditiva e poderia, por fim, resultar em surdez.

p. 490 3. O ducto coclear (rampa média) fica entre a rampa do vestíbulo e a rampa do tímpano. As células ciliadas para a audição estão localizadas no ducto coclear.

p. 490 4. A membrana tectória situa-se sobre as células ciliadas no órgão espiral (de Corti). Quando a membrana que contém essas células vibra, os estereocílios dessas células ficam distorcidos e o som é detectado.

p. 500 1. A produção inadequada de lágrimas afetaria primeiro a córnea. Como a córnea é avascular, as células da córnea devem obter oxigênio e nutrientes da lágrima que passa sobre sua superfície.

* N. de R. T. Faltou mencionar as papilas folhadas, nas margens da língua.

p. 500 2. As duas estruturas mais afetadas por pressão intra-ocular anormalmente alta são (1) o canal de Schlemm (o humor aquoso não tem mais acesso livre a essa estrutura) e (2) o nervo óptico (as fibras nervosas dessa estrutura são distorcidas, o que afeta a percepção visual).

p. 500 3. Uma pessoa que nasce sem as células em cone poderá ver apenas em preto-e-branco (visão monocromática) e terá acuidade visual muito ruim.

p. 500 4. Processos ciliares são pregas no epitélio do corpo ciliar. O corpo ciliar inclui o músculo ciliar, que ajuda a controlar a forma da lente (cristalino) para a visão de perto e de longe.

Revisão do capítulo

Nível 1 Revisão de fatos e termos

1. B	**2.** D	**3.** E	**4.** H
5. J	**6.** C	**7.** I	**8.** F
9. G	**10.** A	**11.** A	**12.** C
13. D	**14.** A	**15.** B	**16.** B
17. C	**18.** B	**19.** C	**20.** C

Nível 2 Revisão de conceitos

1. A
2. D
3. C
4. Cada receptor tem uma sensibilidade característica às diferentes formas de energia. Por exemplo, um receptor de tato é muito sensível à pressão, mas é relativamente insensível aos estímulos químicos.
5. A maior quantidade de neurotransmissores é liberada quando os estereocílios da célula ciliada são deslocados na direção do cinocílio.
6. As células ciliadas na orelha interna agem como receptores.
7. A adaptação periférica é uma redução da sensibilidade na presença de estímulo constante. O receptor responde forte inicialmente, mas depois a atividade ao longo da fibra sensitiva declina gradualmente, em parte por causa da fadiga sináptica.
8. A codificação sensitiva proporciona informações sobre força, direção, variação e movimento do estímulo.
9. Um indivíduo com lesão nos corpúsculos lamelares teria problema para sentir a pressão direta, como um beliscão.
10. O labirinto ósseo é uma concha de osso denso. Ele circunda e protege os ductos e as câmaras cheios de líquido conhecidos como labirinto membranáceo.

Nível 3 Pensamento crítico

1. Ao remover pólipos, uma porção do epitélio olfatório provavelmente foi danificada ou destruída. Isso diminui a área de superfície disponível para detecção de moléculas de odor e, assim, a intensidade do estímulo. Em conseqüência, seria preciso um estímulo maior para proporcionar o mesmo nível de odor depois da cirurgia em relação ao período antes da cirurgia.
2. Jairo tem uma infecção na orelha média, com mais freqüência de origem bacteriana, comumente encontrada em crianças e lactentes. Os patógenos em geral entram na cavidade timpânica através da tuba auditiva, que é mais curta e mais orientada para horizontal em lactentes e crianças do que nos adultos, normalmente durante infecções das vias respiratórias superiores. Conforme a infecção progride, a cavidade timpânica pode encher-se de pus. O aumento da pressão na cavidade timpânica pode, por fim, romper a membrana timpânica. Essa afecção pode ser tratada com antibióticos.
3. Quando uma pessoa tem um resfriado, as túnicas mucosas das cavidades nasal e oral inflamam e podem ficar obstruídas com muco, impedindo que as moléculas dos alimentos que geram os odores atinjam o epitélio olfatório na região superior da cavidade nasal. Grande parte do que percebemos como gustação é, na verdade, olfação; a redução do sentido do olfato reduz a atração pelos alimentos.

CAPÍTULO 19

Revisão dos conceitos

p. 513 1. O hipotálamo é a região do diencéfalo responsável por regular a secreção de hormônios da hipófise.

p. 513 2. É uma célula periférica que responde à presença de um hormônio específico. Os hormônios alteram as atividades metabólicas das células.

p. 513 3. A neuro-hipófise contém as extremidades de axônios dos neurônios cujos corpos celulares estão no hipotálamo. Quando esses neurônios são estimulados, seus axônios liberam neurossecreções (ocitocina; hormônio anti-diurético/HAD). A maioria das células endócrinas da adeno-hipófise é controlada pela secreção de fatores reguladores do hipotálamo.

p. 518 1. A maior parte do hormônio tireóideo no sangue se liga a proteínas chamadas globulinas ligadoras de tireóide. Isso representa um grande reservatório de tireoxina que protege contra as rápidas flutuações do nível desse hormônio importante. Como uma grande quantidade é armazenada dessa forma, são necessários vários dias para esgotar o suprimento do hormônio, mesmo depois da remoção da glândula tireóide.

p. 518 2. A remoção das glândulas paratireóides resultaria na redução dos níveis de íons cálcio no sangue. Isso pode ser contrabalançado pelo aumento da quantidade de vitamina D e cálcio na dieta.

p. 518 3. A região da glândula afetada é a zona glomerulosa. O hormônio deficiente é a aldosterona.

p. 523 1. As ilhotas pancreáticas (também denominadas ilhotas de Langerhans) estão situadas no interior do pâncreas. Os hormônios primários liberados lá são o glucagon, a insulina e a somatostatina.

p. 523 2. Deprime a secreção de HFE/FSH na adeno-hipófise como parte de mecanismo de controle de retroalimentação (*feedback*) negativa. A inibina é produzida por células de Sertoli (de sustentação) nos testículos e por células foliculares nos ovários.

p. 523 3. Os hormônios da reprodução.

Revisão do capítulo

Nível 1 Revisão de fatos e termos

1. C	**2.** I	**3.** F	**4.** B
5. H	**6.** J	**7.** A	**8.** G
9. E	**10.** D	**11.** B	**12.** C
13. D	**14.** C	**15.** D	**16.** C
17. B	**18.** A	**19.** C	**20.** B

Nível 2 Revisão de conceitos

1. B
2. B
3. D
4. O sistema nervoso tem efeitos localizados, imediatos, de curto prazo sobre neurônios, células glandulares, células musculares e células adiposas. O sistema endócrino tem efeitos disseminados, graduais e de longo prazo sobre todos os tecidos.
5. Os quatro grupos com base na estrutura química dos hormônios são derivados de aminoácidos, hormônios peptídicos, hormônios esteróides e eicosanóides.
6. Os alvos primários são a maioria das células do corpo. Os efeitos incluem apoio à maturação funcional do espermatozóide, síntese de proteína nos músculos estriados esqueléticos, características sexuais secundárias masculinas e comportamentos associados.
7. Os hormônios da glândula tireóide aumentam a utilização de energia, o consumo de oxigênio e o crescimento e desenvolvimento das células.
8. As glândulas paratireóides produzem hormônio paratireóideo (HPT) em resposta às baixas concentrações de cálcio. O HPT aumenta as concentrações de íons cálcio nos líquidos do corpo estimulando osteoclastos, inibindo osteoblastos, reduzindo a excreção urinária de íons cálcio e promovendo a absorção intestinal de cálcio (por meio da estimulação da produção de calcitriol pelos rins) até que as concentrações de íons cálcio voltem ao normal.
9. A melatonina desacelera a maturação de espermatozóides, óvulos e órgãos genitais por meio da inibição da produção de um hormônio liberador do hipotálamo, que estimula a secreção de HFE e HL.
10. A rede capilar faz parte do sistema porta-hipofisial. Os capilares no hipotálamo absorvem as secreções regulatórias dos núcleos hipotalâmicos e, a seguir, unem-se como vasos do sistema porta, que continuam para a adeno-hipófise. Aqui, os vasos do sistema porta ramificam-se em uma segunda rede capilar, na qual os fatores reguladores deixam os vasos e estimulam as células endócrinas da adeno-hipófise.

Nível 3 Pensamento crítico

1. A secreção de hormônio do crescimento (HC) pela hipófise é estimulada pelo hormônio liberador de hormônio de crescimento (HLHC) e inibida pelo hor-

mônio inibidor de liberação de HC ou somatostatina (também denominado fator inibidor da liberação de somatotropina ou FILS). A maioria dos tumores de hipófise que resultam em padrões exagerados de crescimento, como acromegalia, são tumores que resultam em excesso de somatotropinas de crescimento no interior da hipófise. Esse excesso de somatotropinas de crescimento na hipófise resulta em níveis sangüíneos elevados de HC.

2. Os dois distúrbios são (1) diabete insípido e (2) diabete melito. No diabete insípido, a neuro-hipófise não mais produz HAD; em decorrência, sobrevém desidratação e o aumento da micção é um marcador clínico. No diabete melito, há produção inadequada de insulina, cujo resultado é elevação da glicose sangüínea e o aumento da produção de urina.
3. Ou (1) o hipotálamo não está secretando hormônio de liberação suficiente para estimular a produção adequada de TSH pela adeno-hipófise; ou (2) a adeno-hipófise não pode produzir os níveis normais de TSH sob estimulação normal; ou (3) a glândula tireóide não é capaz de responder normalmente aos estímulos do TSH.
4. Dois hormônios renais atuam indiretamente para aumentar a pressão e o volume do sangue, com a oposição de um hormônio do coração. (1) A renina, liberada pelas células renais, converte angiotensinogênio do fígado em angiotensina I, que é convertida pelos vasos capilares dos pulmões em angiotensina II. A angiotensina II estimula a produção supra-renal de aldosterona, que, por sua vez, faz com que o rim retenha íons sódio e água, reduzindo, assim, a perda de líquido na urina e aumentando o volume e a pressão do sangue. (2) A eritropoetina (EPO), um segundo hormônio renal, estimula a produção de eritrócitos pela medula óssea. Quando a pressão sangüínea ou as concentrações de oxigênio são baixas, a EPO essencialmente aumenta o volume sangüíneo e sua capacidade de transportar oxigênio. (3) Quando a pressão ou o volume do sangue fica excessivo, o músculo cardíaco no átrio direito produz o peptídeo natriurético atrial (PNA). O PNA suprime a liberação de HAD e aldosterona, estimulando a perda de água e de sódio nos rins e gradualmente reduzindo o volume e a pressão sangüíneos.

CAPÍTULO 20

Revisão dos conceitos

p. 534 1. O sangue transporta o calor para longe das áreas aquecidas e o distribui para a pele quando o corpo está muito quente, ou para os órgãos vitais quando o corpo está frio; a desaceleração acentuada do fluxo sangüíneo romperia a capacidade do corpo de controlar sozinho o frio ou o calor.

p. 534 2. Um indivíduo hipovolêmico tem pouco volume de sangue e, portanto, terá pressão arterial anormalmente baixa.

p. 534 3. O sangue total contém números expressivos de elementos figurados, como glóbulos vermelhos, glóbulos brancos e plaquetas. Esses componentes do sangue deixam-no mais espesso e mais resistente ao fluxo.

p. 538 1. O valor do hematócrito aproxima-se da porcentagem de glóbulos vermelhos; assim, os glóbulos vermelhos são responsáveis por 42% de seu volume sangüíneo.

p. 538 2. Os glóbulos vermelhos têm a capacidade de se "empilhar" e criar um cilindro, que pode passar através de um fino vaso sangüíneo com mais facilidade do que muitos glóbulos vermelhos isolados. Além disso, os glóbulos vermelhos são flexíveis, o que permite que eles se comprimam no interior dos pequenos vasos capilares.

p. 538 3. Como os glóbulos vermelhos não têm núcleo nem ribossomos, não pode ocorrer a síntese de proteína para reparo e substituição. Em conseqüência, sua vida é mais curta do que a da maioria das outras células; eles sobrevivem apenas por cerca de 120 dias na circulação.

p. 538 4. O sangue do tipo AB tem antígenos de superfície A e B, de modo que não possui nem anticorpos anti-A nem anti-B, porque o sistema imunológico do organismo ignora seus próprios antígenos.

p. 541 1. Podemos esperar encontrar um grande número de neutrófilos em um corte infeccionado.

p. 541 2. Trombocitose refere-se aos números incomumente altos de plaquetas; isso provavelmente ocorre em resposta a infecção, inflamação ou câncer.

p. 541 3. Eosinófilos.

p. 541 4. Os grânulos contêm histamina; sua liberação exacerba a resposta à inflamação no local da lesão.

p. 543 1. A eritropoetina aumenta a velocidade de divisão de eritroblastos e de células-tronco, acelerando a maturação dos glóbulos vermelhos.

p. 543 2. As células-tronco pluripotentes produzem todos os elementos figurados.

p. 543 3. A ejeção do núcleo transforma um eritroblasto (normoblasto) em reticulócito, que representa o estágio final do amadurecimento do glóbulo vermelho.

p. 543 4. Os megacariócitos, que são derivados das células-tronco pluripotentes, produzem plaquetas.

Revisão do capítulo

Nível 1 Revisão de fatos e termos

1. C	**2.** H	**3.** E	**4.** F
5. G	**6.** J	**7.** D	**8.** I
9. A	**10.** B	**11.** D	**12.** D
13. B	**14.** B	**15.** D	**16.** C
17. D	**18.** A	**19.** B	**20.** C

Nível 2 Revisão de conceitos

1. C
2. A
3. D
4. C
5. O volume concentrado de glóbulos vermelhos é o hematócrito. É expresso como porcentagem e aproxima-se estreitamente do volume de eritrócitos na amostra sangüínea. Em conseqüência, o valor do hematócrito em geral é denominado volume concentrado de glóbulos vermelhos ou simplesmente volume globular.
6. A reação de coagulação veda as rupturas nos vasos sangüíneos, evitando alterações no volume sangüíneo que poderiam afetar seriamente a pressão arterial e a função cardiovascular.
7. O megacariócito maduro começa a dispersar seu citoplasma em pequenos "pacotes" envoltos em membrana denominados plaquetas.
8. As estruturas linfáticas secundárias incluem baço, tonsilas e linfonodos.
9. As lipoproteínas são moléculas de proteína e lípideos que se dissolvem imediatamente no plasma. Algumas lipoproteínas transportam lípideos insolúveis para os tecidos periféricos.
10. As pessoas com sangue tipo O têm anticorpos anti-A e anti-B no plasma. Assim, não podem receber sangue de doador AB, porque os glóbulos vermelhos desse tipo de sangue contêm antígenos de superfície A e B. Ocorre reação cruzada.

Nível 3 Pensamento crítico

1. Em locais de maior altitude, cada eritrócito transporta menos oxigênio, porque há menos oxigênio na atmosfera. Essa situação desencadeia eritrocitose, a produção de um maior número de eritrócitos em resposta a uma grande liberação de eritropoietina dos tecidos privados de oxigênio. O maior número de glóbulos vermelhos aumenta a capacidade total de transporte de oxigênio no sangue para contrabalançar a menor saturação de cada glóbulo vermelho. Assim, quando um atleta volta para um local de altitude inferior, seu sangue pode transportar ainda mais oxigênio, aumentando a resistência e, talvez, permitindo melhor desempenho na competição.
2. Uma função importante do baço é destruir glóbulos vermelhos velhos, defeituosos e desgastados. Conforme o baço aumenta de tamanho, sua capacidade de eliminar os glóbulos vermelhos é maior, e isso produz anemia. O menor número de glóbulos vermelhos diminui a capacidade do sangue de transportar oxigênio para os tecidos e, assim, o metabolismo é desacelerado. Isso causa a sensação de cansaço e falta de energia. Como existem menos glóbulos vermelhos que o normal, o sangue que circula através da pele não é tão vermelho, e assim a pessoa apresenta coloração pálida ou branca.
3. Os antibióticos de amplo espectro atuam matando uma ampla gama de bactérias, tanto patogênicas como não-patogênicas. Quando um indivíduo toma um antibiótico, ele mata um grande número de bactérias normalmente encontradas no intestino. Como essas bactérias produzem vitamina K, sua eliminação diminui substancialmente a quantidade de vitamina K disponível para o fígado para a produção de protrombina, um pró-coagulante que é vital para as reações de coagulação. Com as quantidades reduzidas de protrombina no sangue, as lesões diárias corriqueiras, como a ruptura dos vasos das vias nasais que normalmente são vedados com rapidez pela coagulação, não são fechadas com tanta rapidez, produzindo o efeito de sangramentos nasais.

CAPÍTULO 21

Revisão dos conceitos

p. 552 1. A característica mais evidente que diferencia o tecido muscular cardíaco do tecido muscular esquelético é que as células do músculo cardíaco são pequenas,

com núcleo situado no centro. Além disso, são conectadas mecânica, química e eletricamente às células vizinhas pelos discos intercalados.

p. 552 2. A cavidade do pericárdio é um estreito espaço entre a lâmina visceral e a lâmina parietal do pericárdio seroso. Contém líquido pericárdico, que atua como lubrificante, reduzindo o atrito entre as superfícies opostas.

p. 552 3. As células musculares cardíacas são conectadas às suas vizinhas nos locais de junção especializada, denominados discos intercalados. Em um disco intercalado, as membranas são unidas por desmossomos, as miofibrilas das células são ancoradas à membrana, e as junções comunicantes conectam as células.

p. 552 4. O sincício é uma única célula gigante com múltiplos núcleos; forma-se por meio da fusão de muitas pequenas células individuais. O tecido muscular cardíaco funciona como uma única célula muscular. A contração de uma dessas células de músculo cardíaco desencadeia a contração de várias outras, e assim por diante, disseminando-se em todo o miocárdio.

p. 556 1. O sulco entre os átrios e os ventrículos é o sulco coronário.

p. 556 2. Os átrios têm paredes musculares altamente distensíveis e relativamente delgadas, e quando não são distendidas, a porção externa parece um balão vazio e enrugado (a aurícula).

p. 561 1. As valvas impedem o fluxo retrógrado dos ventrículos para os átrios quando os ventrículos se contraem, de modo que, sem elas, o sangue retornaria para os átrios.

p. 561 2. A veia cava superior, a veia cava inferior e o seio coronário.

p. 561 3. O sangue do ventrículo esquerdo passa através da valva da aorta, faz trajeto pela circulação sistêmica e entra no átrio direito. A partir daí, passa através da valva atrioventricular direita (tricúspide) e entra no ventrículo direito. O sangue que sai do ventrículo direito passa pela valva do tronco pulmonar e entra no tronco pulmonar. A seguir, flui para as artérias pulmonares antes de chegar nos vasos capilares das superfícies respiratórias dos pulmões.

p. 561 4. Conforme os ventrículos começam a se contrair, eles forçam as valvas AV a se fecharem, o que, por sua vez, puxa as cordas tendíneas. As cordas tendíneas puxam os músculos papilares. Os músculos papilares respondem com a contração, opondo-se à força que empurra as valvas na direção dos átrios.

p. 566 1. Se essas células não estiverem funcionando, o coração ainda assim continuará a bater, porém em freqüência menor, seguindo o ritmo estabelecido pelo nó AV.

p. 566 2. A freqüência cardíaca aumenta em resposta à noradrenalina (norepinefrina).

p. 566 3. Como os plasmalemas das células nodais despolarizam-se espontaneamente e as células nodais são eletricamente conectadas entre si, a fibras condutoras e a células musculares cardíacas, as contrações são capazes de passar através do sistema condutor e desencadear as contrações das células do músculo cardíaco. O tempo de contração é controlado pela velocidade de propagação e pela distribuição do impulso nervoso para o tecido muscular cardíaco nos átrios versus os ventrículos.

p. 567 1. O fluxo sangüíneo de uma câmara para a próxima ocorre apenas se a pressão for maior na primeira câmara em relação à segunda, de modo que pressões iguais significariam que o sangue não flui do átrio para o ventrículo.

p. 568 2. A liberação de noradrenalina (norepinefrina) produz um aumento da freqüência cardíaca e da força das contrações por meio da estimulação de receptores beta nas células nodais e contráteis. A liberação de acetilcolina (ACh) produz redução da freqüência cardíaca e da força das contrações por meio da estimulação de receptores muscarínicos das células nodais e contráteis.

Revisão do capítulo

Nível 1 Revisão de fatos e termos

1. F	**2.** E	**3.** H	**4.** C
5. B	**6.** J	**7.** G	**8.** A
9. I	**10.** D	**11.** D	**12.** C
13. C	**14.** B	**15.** C	**16.** A
17. B	**18.** C	**19.** C	**20.** B

Nível 2 Revisão de conceitos

1. C
2. C
3. C
4. As células do músculo cardíaco são fibras de músculo esquelético em que cada célula contém miofibrilas organizadas, e o alinhamento de seus sarcômeros dá ao cardiócito uma aparência estriada.
5. As válvulas semilunares não exigem ligações musculares, porque as paredes arteriais não se contraem nesse local, e as posições relativas das válvulas são estáveis.
6. A célula marca-passo é aquela que se despolariza espontaneamente (auto-excitável). As células marca-passo normais (nó SA) despolarizam-se na maior velocidade. Outros grupos de células que têm potencial para servirem como células marca-passo são o nó atrioventricular, o fascículo AV, o ramo direito, o ramo esquerdo e os ramos subendocárdicos (fibras de Purkinje).
7. O líquido pericárdico é secretado pelo pericárdio seroso e age como lubrificante, reduzindo o atrito entre as superfícies pericárdicas visceral e parietal opostas.
8. O ventrículo esquerdo tem as paredes mais espessas porque precisa fazer muita força para ejetar o sangue pela circulação sistêmica.
9. As células nodais são incomuns, porque seu plasmalema despolariza-se espontaneamente. As células nodais são responsáveis por estabelecer o ritmo das contrações cardíacas.
10. A liberação de noradrenalina (norepinefrina) produz um aumento da freqüência cardíaca e da força de contrações por meio da estimulação de beta-receptores nas células nodais e contráteis.

Nível 3 Pensamento crítico

1. Parece que Armando tem valva atrioventricular esquerda (mitral) regurgitante. Quando uma valva AV não se fecha adequadamente, o sangue que volta para o átrio produz um som cardíaco anormal (sopro). Se o som for ouvido no início da sístole, indica a valva AV, porque esse é o período em que a valva acabou de fechar e o sangue do ventrículo está sob pressão crescente; assim, a probabilidade de fluxo reverso é maior. Se o som for ouvido no final da sístole ou no início da diástole, indica a válvula semilunar regurgitante – nesse caso, a válvula semilunar da aorta.
2. Durante a taquicardia, o coração bate em velocidade anormalmente alta. Quanto mais rapidamente o coração bate, menor é o tempo que existe entre as contrações para que ele se encha de sangue outra vez. Como resultado, durante um período, o coração se enche com menos sangue e, assim, bombeia o sangue para fora. O volume sistólico diminui, assim como o débito cardíaco. Quando o débito cardíaco diminui até o ponto em que não há sangue suficiente para atingir o sistema nervoso central, ocorre a perda de consciência.
3. Seria liberada acetilcolina, resultando em redução da freqüência cardíaca.
4. A febre reumática pode causar cardite, uma irritação do miocárdio e das valvas cardíacas. O tecido cicatricial pode formar-se gradualmente, causando, por fim, a deterioração da função das válvulas, que resulta em menor eficiência do coração. Se não for corrigida, essa afecção continua a piorar e pode causar insuficiência cardíaca.

CAPÍTULO 22

Revisão dos conceitos

p. 578 1. Os vasos sangüíneos são veias. Artérias e arteríolas têm uma quantidade relativamente grande de tecido muscular liso em uma túnica média, bem-desenvolvida.

p. 578 2. A pressão sangüínea no sistema arterial empurra o sangue para os vasos capilares. A pressão sangüínea do lado venoso é muito baixa, e outras forças ajudam a manter o sangue em movimento. As válvulas nas paredes das vênulas e das veias de tamanho médio permitem o fluxo sangüíneo em apenas uma direção, para o coração, evitando o fluxo retrógrado do sangue para os vasos capilares.

p. 578 3. A artéria femoral é uma artéria muscular.

p. 578 4. Não há troca gasosa nas arteríolas.

p. 590 1. As artérias carótidas levam o sangue para estruturas da cabeça e do pescoço, inclusive o encéfalo.

p. 590 2. A artéria braquial direita é a artéria da região do bíceps.

p. 590 3. A artéria ilíaca externa dá origem à artéria femoral na coxa.

p. 590 4. Uma lesão nas artérias carótidas internas nem sempre resulta em lesão encefálica, porque as artérias vertebrais também levam sangue para o encéfalo.

p. 599 1. Os órgãos irrigados pelo tronco celíaco incluem estômago, baço, fígado e pâncreas.

p. 599 2. As veias superficiais são dilatadas para promover perda de calor através da pele.

p. 599 3. A veia cava superior recebe sangue da cabeça, do pescoço, do tórax, dos ombros e dos membros superiores.

p. 599 4. O sangue dos intestinos contém grande quantidade de glicose, aminoácidos e outros nutrientes e toxinas absorvidos do trato digestório. Eles são proces-

sados pelo fígado antes que o sangue vá para a circulação sistêmica geral, para manter a composição do sangue no corpo relativamente estável.

p. 603 1. As principais alterações no coração e nos grandes vasos que ocorrem ao nascimento são as seguintes: (1) Os vasos pulmonares expandem-se; (2) o ducto arterial contrai-se, forçando o fluxo sangüíneo através da circulação pulmonar; e (3) um retalho valvular fecha o forame oval.

p. 603 2. O sangue acumula-se nas veias dos membros inferiores porque as válvulas não estão funcionando com eficiência.

p. 603 3. As artérias precisam ser capazes de se expandir com o aumento repentino da pressão. A menor capacidade de expansão pode resultar em protuberância ou ruptura da parede arterial.

Revisão do capítulo

Nível 1 Revisão de fatos e termos

1. C	**2.** D	**3.** F	**4.** J
5. I	**6.** H	**7.** A	**8.** G
9. E	**10.** B	**11.** B	**12.** A
13. D	**14.** D	**15.** B	**16.** A
17. C	**18.** A	**19.** B	**20.** B

Nível 2 Revisão de conceitos

1. D
2. A
3. B
4. As artérias pulmonar, carótida comum, subclávia e ilíaca comum são exemplos de artérias elásticas.
5. Sinusóides são encontrados no fígado, na medula óssea e nas glândulas suprarenais.
6. São conexões diretas entre arteríolas e vênulas.
7. Impedem o fluxo retrógrado e auxiliam o fluxo de sangue a voltar para o coração por meio de sua compartimentalização.
8. O tronco braquiocefálico, e as artérias carótida comum esquerda e subclávia esquerda são elásticas e se originam no arco da aorta.
9. A veia cava superior recebe sangue da cabeça, do pescoço, dos ombros e dos membros superiores.
10. O sangue pode fluir diretamente do átrio direito para o átrio esquerdo, desviando da circulação pulmonar.

Nível 3 Pensamento crítico

1. As veias emissárias conectam a circulação superficial à circulação profunda, que drena nos seios (venosos) da dura-máter. As infecções da região superficial na área dos olhos podem ser transportadas para dentro dos seios mais anteriores, podendo causar meningite. Portanto, é importante a não-disseminação de infecção da região superficial para a profunda.
2. Em resposta à alta temperatura da água, o corpo de João desviou mais sangue para as veias superficiais para diminuir a temperatura corporal. A dilatação das veias superficiais causou um desvio do sangue para os membros superiores e inferiores, resultando em menor retorno venoso. Devido ao menor retorno venoso, o débito cardíaco diminuiu e menos sangue com oxigênio foi enviado para o encéfalo. Isso fez com que João ficasse tonto e desmaiasse, quase provocando sua morte.
3. Na insuficiência cardíaca, o coração não é capaz de produzir força suficiente para circular o sangue de modo adequado. O sangue tende a se acumular nos membros e, quanto mais líquido se acumula nos capilares, a pressão hidrostática aumenta e a pressão osmótica do sangue diminui. O acúmulo de líquido excede a capacidade de os vasos linfáticos fazerem a drenagem, e, em conseqüência, ocorre edema e inchaço evidentes.

CAPÍTULO 23

Revisão dos conceitos

p. 613 1. O sistema linfático produz, mantém e distribui linfócitos que são essenciais para a defesa do organismo.

p. 613 2. O capilar 1.

p. 613 3. Como a linfa transporta muito do líquido corporal de volta para a corrente sangüínea, a ruptura de um grande vaso linfático pode significar um declínio possivelmente fatal do volume de sangue.

p. 613 4. As estruturas linfáticas primárias transportam células-tronco.

p. 617 1. Os linfócitos T perfazem cerca de 80% dos linfócitos circulantes no corpo.

p. 617 2. Alguns linfócitos B diferenciam-se em linfócitos B de memória, que serão ativados quando o antígeno aparecer novamente. Portanto, o corpo de João será capaz de apresentar uma resposta imunológica com mais rapidez e eficiência, possivelmente evitando qualquer sintoma de doença.

p. 617 3. O corpo precisa ser capaz de apresentar uma resposta rápida e poderosa aos antígenos, o que demanda a produção de certos tipos de linfócitos em determinados momentos. Sem essa capacidade, a resposta imunológica do organismo seria inferior e mais fraca, podendo ser vencida por infecção ou doença.

p. 617 4. Nódulos linfáticos agregados (placas de Peyer).

p. 624 1. Os linfócitos T regulam a ativação ou supressão de linfócitos B e, assim, gerenciam a extensão da resposta imunológica.

p. 625 2. Os linfonodos estão estrategicamente situados em todo o corpo, em regiões suscetíveis a lesão ou invasão.

p. 625 3. Os vasos capilares do timo não permitem o livre intercâmbio entre o líquido intersticial e a circulação. Se isso ocorresse, os antígenos circulantes estimulariam prematuramente os linfócitos T em desenvolvimento.

p. 625 4. Os linfonodos aumentam durante as infecções em função do aumento do número de linfócitos e fagócitos no interior dos linfonodos ativos.

Revisão do capítulo

Nível 1 Revisão de fatos e termos

1. C	**2.** J	**3.** E	**4.** B
5. F	**6.** D	**7.** A	**8.** I
9. H	**10.** G	**11.** D	**12.** D
13. D	**14.** C	**15.** A	**16.** A
17. A	**18.** B	**19.** D	**20.** C

Nível 2 Revisão de conceitos

1. C
2. C
3. B
4. A barreira hemato-tímica impede a estimulação prematura dos linfócitos T em desenvolvimento pelos antígenos circulantes.
5. A artéria esplênica e a veia esplênica passam através do hilo esplênico.
6. O ducto torácico coleta linfa de outras regiões do corpo inferiores ao diafragma e do lado esquerdo do corpo superior ao diafragma.
7. Os linfócitos T são o tipo mais comum de linfócito.
8. O linfedema é a tumefação dos tecidos como resultado de válvulas danificadas nos vasos linfáticos ou vasos linfáticos bloqueados.
9. Os linfócitos imaturos ou ativados dividem-se para produzir linfócitos adicionais do mesmo tipo.
10. Os nódulos linfáticos agregados (placas de Peyer) encontram-se na lâmina própria, situada internamente ao epitélio que reveste parte do intestino delgado.

Nível 3 Pensamento crítico

1. Se Tomás tivesse tido sarampo antes, haveria uma quantidade expressiva de anticorpos IgG em seu sangue, logo após a exposição, como resultado da resposta imunológica mediada por anticorpos. Se ele não tivesse tido a doença antes, e estivesse nos primeiros estágios de uma resposta primária, seu sangue apresentaria nível elevado de anticorpos.
2. As alergias ocorrem quando os antígenos chamados de alérgenos ligam-se a tipos específicos de anticorpos que são unidos à superfície de mastócitos e basófilos. A pessoa torna-se alérgica quando desenvolve anticorpos para um alérgeno específico. Teoricamente, pelo menos, uma molécula que poderia ligar-se a anticorpos específicos para "erva-de-santiago" e impedir a ligação do alérgeno ajudaria a aliviar a alergia.
3. Os capilares linfáticos são encontrados na maioria das regiões do corpo e oferecem pouca resistência à passagem de células de câncer, que geralmente se disseminam ao longo deles, usando-os como "estações de baldeação".

CAPÍTULO 24

Revisão dos conceitos

p. 632 1. A parte superior do sistema respiratório aquece e umidifica o ar, o que protege a parte inferior do sistema respiratório das temperaturas extremas e das condições secas. A respiração pela boca elimina grande parte da filtração, umi-

dificação e aquecimento que deve ocorrer antes que o ar atinja os tecidos sensíveis dos pulmões.

p. 632 2. A "escada rolante" para o muco está presente nas regiões inferiores do trato respiratório, onde os cílios do epitélio respiratório se movimentam em direção à faringe, limpando as vias aéreas.

p. 632 3. As conchas nasais causam turbilhonamento no ar inspirado. Isso desacelera o movimento do ar colocando-o em contato com a úmida e aquecida parede da cavidade nasal. O fluxo de ar turbilhonado é essencial para a filtração, a umidificação e o aquecimento do ar; esses processos protegem as regiões mais delicadas da parte inferior do sistema respiratório. Se a cavidade nasal fosse uma via tubular com paredes retas, o turbilhonamento seria mínimo.

p. 636 1. A cartilagem tireóidea protege a região da glote e a entrada da traquéia.

p. 636 2. Durante a deglutição, a epiglote se dobra sobre o ádito da laringe, evitando a entrada de líquidos ou alimentos nas vias respiratórias inferiores.

p. 636 3. A freqüência da voz dela está ficando mais baixa.

p. 636 4. A região da glote pode não ter fechamento eficiente sem os músculos intrínsecos da laringe, de modo que o alimento pode entrar nas vias respiratórias inferiores.

p. 638 1. As cartilagens traqueais têm forma de C para dar espaço para a expansão esofágica quando grandes porções de alimento ou líquido são deglutidas.

p. 638 2. A traquéia tem um epitélio respiratório típico, que são células epiteliais pseudo-estratificadas, ciliadas, colunares.

p. 638 3. As cartilagens traqueais impedem a hiperexpansão ou o colapso das vias aéreas durante a respiração, mantendo-as abertas e funcionais.

p. 638 4. O brônquio principal direito tem diâmetro maior e se estende na direção do pulmão em ângulo mais obtuso.

p. 646 1. O tabagismo crônico danifica o revestimento das vias aéreas. Os cílios são cauterizados na superfície das células pelo calor, e o grande número de partículas que escapam à filtração é aprisionado no excesso de muco secretado para proteger o revestimento irritado. Essa combinação de circunstâncias cria uma situação na qual há grande quantidade de muco espesso que é difícil de eliminar das vias respiratórias. O reflexo da tosse é uma tentativa de remover esse material das referidas vias.

p. 646 2. A produção excessiva de muco pode levar à obstrução das vias aéreas menores, causando redução da eficiência respiratória.

p. 646 3. A filtração e a umidificação terminam no momento em que o ar atinge esse ponto, de modo que a necessidade daquelas estruturas é eliminada.

p. 646 4. O surfactante reveste a superfície interna de cada alvéolo e ajuda a reduzir a tensão superficial e evita o colapso dos alvéolos.

p. 647 1. Isso impõe grande tensão sobre o ventrículo direito, enquanto ele continua a forçar o sangue através do vaso bloqueado. Com o tempo, a tensão causa insuficiência cardíaca.

p. 647 2. O líquido pleural fornece lubrificação às pleuras parietal e visceral durante a respiração.

p. 647 3. As porções condutoras do trato respiratório recebem sangue das artérias carótidas perfura, do tronco tireocervical e das artérias bronquiais.

p. 649 1. Visto que a costela perfura a parede torácica, a cavidade torácica sofrerá lesão, assim como a pleura parietal. O ar atmosférico entra na cavidade pleural. Esse espaço em geral tem pressão inferior à do ar no meio externo, de modo que, quando o ar entra, a elasticidade natural dos pulmões não será compensada e o pulmão entra em colapso. A entrada de ar na cavidade pleural é chamada de pneumotórax; o processo que resulta no colapso do pulmão é chamado de atelectasia.

p. 649 2. Em decorrência do enfisema, os espaços aéreos maiores e a falta de elasticidade reduzirão a eficiência da difusão capilar e da ventilação pulmonar.

p. 649 3. Durante a primeira respiração do recém-nascido, o ar é forçado nos pulmões em função da mudança de pressão. Os líquidos são empurrados para fora das vias aéreas condutoras, e os alvéolos insuflam-se imediatamente com o ar. A circulação pulmonar é ativada, e isso fecha o forame oval e o ducto arterial.

Revisão do capítulo

Nível 1 Revisão de fatos e termos

1. I	**2.** J	**3.** A	**4.** H
5. G	**6.** D	**7.** B	**8.** E
9. C	**10.** F	**11.** A	**12.** D
13. B	**14.** B	**15.** C	**16.** C
17. D	**18.** C	**19.** B	**20.** B

Nível 2 Revisão de conceitos

1. D
2. A
3. C
4. O pulmão direito tem três lobos.
5. Broncodilatação é o aumento da árvore bronquial.
6. Fagocitam matéria particulada.
7. Os septos dividem o pulmão em lóbulos.
8. Um grupo regula a tensão nas pregas vocais, e o segundo grupo abre e fecha a rima da glote.
9. Os pares de cartilagens laríngeas envolvidos na abertura e no fechamento da rima da glote são as cartilagens corniculadas e aritenóideas.
10. A porção que se situa entre o hióide e a entrada do esôfago.

Nível 3 Pensamento crítico

1. A asma ocorre quando as vias aéreas condutoras ficam incomumente sensíveis e irritáveis, via de regra como resultado de exposição a um antígeno do ar inspirado. Os sintomas mais importantes são o edema e a tumefação das paredes das vias aéreas; a contração do músculo liso nas paredes da árvore bronquial, reduzindo o tamanho da cavidade (luz); e a produção acelerada de muco. Juntos, esses fatores reduzem a capacidade de os pulmões funcionarem normalmente na difusão de ar.
2. A menos que o recém-nascido sufocasse imediatamente depois do nascimento, sua primeira respiração deve começar a insuflar os pulmões e um pouco de ar deve ficar aprisionado neles. Ao colocar o pulmão na água para ver se flutua, o médico pode determinar se há algum ar nos pulmões. Outras medidas e testes também devem ser usados para determinar se o lactente respirou (ar nos pulmões) ou se morreu ao nascimento (pulmões em colapso e pequena quantidade de líquido).

CAPÍTULO 25

Revisão dos conceitos

p. 662 1. Os componentes da túnica mucosa são (1) epitélio (dependendo da localização, pode ser colunar simples ou escamoso estratificado); (2) lâmina própria, tecido areolar subjacente ao epitélio; e (3) lâmina muscular da mucosa, fascículos de fibras musculares lisas organizadas em camadas concêntricas. A túnica mucosa do trato digestório é um exemplo de mucosa, com funções tanto de absorção como de secreção.

p. 662 2. Os mesos (projeções de peritônio) fornecem uma via de acesso para a passagem dos vasos sangüíneos, nervos e vasos linfáticos para o trato digestório e a partir dele. Também estabilizam as posições relativas dos órgãos conectados ao peritônio.

p. 662 3. Peristalse são ondas de contrações musculares que movem substâncias pela extensão do tubo digestório. As atividades de segmentação agitam e misturam o conteúdo dos intestinos delgado e grosso, mas não produzem movimento final em uma direção específica.

p. 662 4. Isso permite que o músculo liso estirado se adapte à sua nova forma e que ainda tenha capacidade de se contrair quando necessário.

p. 666 1. A cavidade oral é revestida pela túnica mucosa oral, que é composta de epitélio escamoso estratificado não-queratinizado.

p. 666 2. Durante as refeições, a saliva lubrifica a boca e dissolve substâncias químicas que estimulam os calículos gustatórios. A saliva contém a enzima digestiva amilase salivar, que começa a degradação química dos carboidratos.

p. 666 3. Os carboidratos são degradados pela amilase salivar na boca.

p. 666 4. Os dentes incisivos cortam um pedaço da maçã que, então, entra na boca. Os dentes caninos perfuram a casca dura e a polpa da maçã. A maçã então se move para os dentes pré-molares e molares para fragmentação e esmagamento antes de ser, por fim, deglutida.

p. 668 1. O istmo das fauces é a abertura entre a cavidade oral e a faringe.

p. 668 2. O processo que está sendo descrito é a deglutição.

p. 668 3. A fase oral é a única fase voluntária da deglutição.

p. 668 4. Quando alguém sente pirose (queimação, azia), o "esfíncter esofágico inferior" pode não ter fechado completamente, e os poderosos ácidos estomacais entram na parte inferior do esôfago, causando o refluxo ácido incômodo.

p. 673 1. O omento maior fornece sustentação para alguns órgãos, isola os órgãos da parede do abdome, proporciona reservas importantes de energia e confere isolamento.

p. 673 2. O epitélio produz um tapete de muco nas superfícies internas do estômago, fornecendo proteção contra poderosos ácidos e enzimas. Todas as células que são danificadas são facilmente substituídas.

p. 673 3. As células zimogênicas (principais) secretam pepsinogênio. Nos lactentes, também secretam renina e lipase gástrica.

p. 673 4. A gastrina, produzida pelas células enteroendócrinas, estimula a secreção de células parietais e zimogênicas (principais).

p. 677 1. O revestimento característico do intestino delgado contém pregas circulares, que sustentam as vilosidades intestinais. As vilosidades são revestidas por um epitélio colunar simples cuja superfície apical é coberta por microvilosidades. Essa organização aumenta a área total de digestão e absorção para mais de 200 m^2.

p. 677 2. As pregas intestinais são dobras no revestimento do intestino que aumentam muito a área de superfície disponível para absorção.

p. 677 3. As glândulas (criptas) intestinais abrigam células-tronco que produzem novas células epiteliais, que renovam a superfície epitelial e adicionam enzimas intracelulares ao quimo. Além disso, as glândulas intestinais contêm células que produzem vários hormônios intestinais.

p. 677 4. O duodeno atua como um "recipiente de mistura" para o quimo que entra vindo do estômago.

p. 686 1. A fibrose cística interfere na digestão de açúcares, amidos, lipídeos, ácidos nucléicos e proteínas.

p. 686 2. O fígado atua como regulador metabólico, extraindo nutrientes e toxinas do sangue antes que eles entrem na corrente sangüínea. Também regula o sangue, servindo como reservatório sangüíneo, fagocitando glóbulos vermelhos "velhos" ou danificados e sintetizando proteínas. Finalmente, o fígado sintetiza e secreta bile.

p. 686 3. A contração do músculo esfíncter da ampola hepatopancreática veda a passagem (ducto colédoco) entre a vesícula biliar e o intestino delgado e impede que a bile entre nele.

p. 686 4. O pâncreas produz enzimas digestivas e antiácidos (funções exócrinas) e hormônios (funções endócrinas).

Revisão do capítulo

Nível 1 Revisão de fatos e termos

1. C	**2.** A	**3.** D	**4.** F
5. J	**6.** G	**7.** H	**8.** E
9. I	**10.** B	**11.** A	**12.** C
13. D	**14.** C	**15.** D	**16.** D
17. A	**18.** B	**19.** A	**20.** D

Nível 2 Revisão de conceitos

1. C
2. A
3. C
4. A lipase ataca lipídeos.
5. O músculo esfíncter da ampola hepatopancreática veda a passagem (ducto colédoco) entre a vesícula biliar e o intestino delgado e impede que a bile entre nele.
6. A vesícula biliar armazena bile e a concentra.
7. As células de Kupffer ingerem patógenos, detritos celulares e células sangüíneas danificadas no fígado.
8. A última parte do colo, antes do reto, é o colo sigmóide.
9. Os vasos lactíferos transportam materiais que não podem entrar nos vasos capilares locais. Esses materiais, por fim, atingem a circulação através do ducto torácico.
10. A liberação de gastrina é desencadeada por alimentos que entram no estômago.

Nível 3 Pensamento crítico

1. Durante a autópsia, o médico legista examinou o conteúdo estomacal da vítima de assassinato e encontrou o estômago vazio. Como uma refeição completa em geral leva mais de quatro horas para deixar completamente o estômago, ficou claro que a vítima não havia jantado na hora indicada pelo suspeito de assassinato.
2. A (1) parte superior do esôfago, (2) a parte inferior do esôfago, (3) o piloro, (4) os lábios do óstio ileal (valva ileocecal), (5) o músculo esfíncter interno do ânus e (6) o músculo esfíncter externo do ânus constringem a cavidade (luz) do tubo digestório para controlar o movimento dos materiais através dele. Apenas o último deles, o músculo esfíncter externo do ânus, é composto de músculo esquelético com inervação motora somática e, portanto, tem controle consciente e voluntário.
3. As seguintes seis camadas histológicas formam a parede do tubo digestório: (1) epitélio na túnica mucosa, (2) lâmina própria na túnica mucosa, (3) lâmina muscular da mucosa, (4) tela submucosa, (5) túnica muscular e (6) túnica serosa ou adventícia.

CAPÍTULO 26

Revisão dos conceitos

p. 698 1. Os rins absorvem mais água, liberam eritropoetina e liberam renina.

p. 698 2. A urina passa pelos ureteres para a bexiga urinária, onde é armazenada até que a micção ocorra. Dali, ela faz trajeto pela uretra antes de sair do corpo.

p. 698 3. O calcitriol, liberado pelos rins em resposta aos baixos níveis de cálcio no sangue, aumenta a absorção de cálcio pelo epitélio intestinal.

p. 703 1. O trajeto que o sangue precisa fazer a partir da artéria renal até o glomérulo renal é o seguinte: artéria renal → artérias segmentares → artérias interlobulares → artérias arqueadas → artérias interlobulares → arteríolas glomerulares aferentes → glomérulo renal. O trajeto que o sangue precisa tomar a partir do glomérulo até a veia renal é o seguinte: glomérulo → arteríolas glomerulares eferentes → capilares peritubulares/vasos retos → vênulas → veias interlobulares → veias arqueadas → veias interlobares → veia renal.

p. 703 2. O filtrado flui do glomérulo renal até um cálice renal menor através da seguinte via: glomérulo → espaço capsular → túbulos contorcidos proximais (TCP) → ramo descendente da alça → alça no néfron → ramo ascendente da alça → túbulos contorcidos distais (TCD) → túbulo de conexão → ducto coletor → ducto papilar → cálice renal menor.

p.703 3. A filtração, que é um processo passivo, permite que íons e moléculas passem conforme seu tamanho. Isso significa que se os poros forem grandes o suficiente para permitir a passagem de resíduos orgânicos, também são grandes o suficiente para permitir a passagem de água, íons e outras moléculas orgânicas importantes. É por isso que certos elementos do filtrado devem ser reabsorvidos ativamente antes que a produção de urina esteja completa.

p. 703 4. A alça do néfron absorve água adicional do líquido tubular e uma porcentagem ainda maior de íons sódio e cloreto. Isso resulta da alta concentração osmótica de seus arredores na medula renal.

p. 708 1. Uma obstrução dos ureteres interferiria na passagem da urina da pelve renal para a bexiga urinária.

p. 708 2. A túnica mucosa de revestimento da bexiga urinária tem muitas pregas, chamadas de rugas, o que permite que a bexiga se distenda quando está cheia.

p. 708 3. As mulheres têm infecções do trato urinário causadas por bactérias com mais freqüência do que os homens devido à proximidade do óstio externo da uretra com o ânus. Além disso, a uretra é mais curta nas mulheres, de modo que as bactérias podem migrar com maior facilidade para a bexiga urinária.

p. 708 4. A bexiga urinária é mantida no lugar pelo ligamento umbilical mediano, que se estende do ápice da bexiga (margem ânterio-superior), e pelos ligamentos umbilicais mediais, que passam ao longo dos lados da bexiga urinária.

Revisão do capítulo

Nível 1 Revisão de fatos e termos

1. C	**2.** A	**3.** I	**4.** F
5. J	**6.** B	**7.** E	**8.** H
9. D	**10.** G	**11.** D	**12.** A
13. C	**14.** B	**15.** B	**16.** D
17. D	**18.** C	**19.** C	**20.** C

Nível 2 Revisão de conceitos

1. B
2. B
3. B
4. O glomérulo renal está contido no interior da câmara expandida do néfron (cápsula glomerular).
5. Consiste em grandes células (podócitos) com "pés" que se enrolam em torno dos vasos capilares glomerulares.
6. O complexo justaglomerular secreta dois hormônios – renina e eritropoetina.
7. O trígono é a área triangular da bexiga urinária delimitada pelos óstios dos ureteres e pelo óstio interno da uretra.
8. O músculo esfíncter externo da uretra está sob controle voluntário.
9. A função primária do túbulo contorcido proximal é a absorção.

10. As pregas na bexiga urinária permitem que ela se expanda conforme vai-se enchendo de urina.

Nível 3 Pensamento crítico

1. Uma vez que o músculo esfincter externo da uretra constitui o único controle consciente e voluntário da micção, é fisicamente impossível que a criança controle a liberação de urina por vontade própria até que o controle nervoso dos músculos amadureça. O músculo esfincter interno da uretra não está sob controle voluntário do sistema nervoso central somático. Antes da idade de dois anos, o treinamento bem-sucedido do uso do banheiro pela criança antecipa apenas um pouco mais o tempo do reflexo de micção da criança, que foi previsto pelos pais.
2. O exercício extenuante, como corrida de longa distância, causa ativação simpática, que estimula a poderosa vasoconstrição das arteríolas glomerulares aferentes nos rins. Como esses vasos levam o sangue para os corpúsculos renais, sua constrição reduz a filtração glomerular. O fluxo sangüíneo para os rins diminui ainda mais quando os vasos sangüíneos periféricos dilatados desviam o sangue para longe dos rins, e para os músculos esqueléticos durante a corrida. Conforme a passagem de sangue pelo rim continua a diminuir por causa da perda de água durante o exercício, o potencial de disfunção renal aumenta em decorrência dos períodos prolongados de exercício associados à corrida em maratonas.
3. O aumento da massa do útero, que se localiza superior e posteriormente à bexiga urinária nas mulheres, pressiona a bexiga para baixo, aumentando a sensação de pressão e desencadeando o reflexo da micção, mesmo quando a bexiga está apenas parcialmente cheia. Além disso, quando o parto vai-se aproximando, o bebê pode "chutar" a bexiga urinária da mãe, o que estimula o reflexo da micção.

CAPÍTULO 27

Revisão dos conceitos

p. 722 1. O ducto deferente, os vasos sangüíneos, nervos e vasos linfáticos testiculares compõem o funículo espermático.

p. 722 2. Os canais inguinais, que são estreitas passagens que comunicam as cavidades do escroto à cavidade peritoneal, normalmente se fecham, mas a presença dos funículos espermáticos deixa pontos fracos na parede abdominal.

p. 722 3. A temperatura no interior da cavidade peritoneal é muito alta para a produção de células espermáticas; então, os testículos situam-se dentro da cavidade do escroto, fora da cavidade peritoneal, onde as temperaturas são mais baixas.

p. 722 4. A barreira hematotesticular isola as porções internas do túbulo seminífero do líquido intersticial circundante. O transporte através das células de Sertoli é rigidamente regulado para manter um ambiente bastante estável no interior do túbulo.

p. 725 1. Capacitação envolve o fato de o espermatozóide tornar-se ativo, móvel e totalmente funcional. Isso ocorre quando os espermatozóides são misturados com secreções das glândulas seminais e expostos às condições internas do sistema genital feminino.

p. 725 2. Depois de se liberar das células de Sertoli, o espermatozóide fica dentro da cavidade (luz) do túbulo seminífero contorcido. A seguir, faz trajeto nas correntes de líquido ao longo do túbulo seminífero reto, através da rede do testículo e para o epidídimo, onde permanece por cerca de duas semanas, completando seu amadurecimento funcional. Ao sair do epidídimo, o espermatozóide entra no ducto deferente, onde pode ser armazenado por vários meses. A seguir, o espermatozóide entra no ducto ejaculatório, que desemboca na uretra. Esta é a passagem para fora do corpo.

p. 733 1. As células foliculares fornecem nutrientes aos oócitos e liberam estrógenos. Elas estimulam o crescimento do folículo por meio da secreção do líquido folicular. Uma vez que a ovulação ocorre, as células foliculares remanescentes no folículo ovárico vazio formam o corpo lúteo.

p. 733 2. Cicatrizes nas tubas uterinas podem causar infertilidade, porque podem impedir a passagem do zigoto para o útero. Elas podem ser causadas por doença inflamatória pélvica, que é uma infecção das tubas uterinas.

p. 739 1. A hipertrofia dos folículos primários e secundários nos ovários acontece ao mesmo tempo em que ocorre a fase proliferativa do ciclo uterino.

p. 739 2. A ovulação ocorre no começo da fase secretora.

p. 739 3. O bloqueio de um único seio lactífero não interfere com o leite que se move para a papila mamária, porque cada mama em geral tem cerca de 15 a 20 seios lactíferos.

p. 740 4. A prolactina, o hormônio do crescimento e o lactogênio placentário humano estimulam as glândulas mamárias para que se tornem ativas em termos mitóticos, produzindo as células glandulares, que são necessárias para a lactação.

Revisão do capítulo

Nível 1 Revisão de fatos e termos

1. I	**2.** A	**3.** D	**4.** F
5. J	**6.** C	**7.** B	**8.** H
9. G	**10.** E	**11.** D	**12.** B
13. B	**14.** A	**15.** B	**16.** C
17. A	**18.** B	**19.** D	**20.** C

Nível 2 Revisão de conceitos

1. B
2. D
3. D
4. A cabeça do espermatozóide contém um núcleo com os cromossomos.
5. O acrossomo ("capuz cefálico") contém enzimas envolvidas nos primeiros passos da fertilização.
6. A plasmina seminal é produzida na próstata; é um antibiótico que pode ajudar a evitar infecções do trato urinário (ITU) em homens.
7. O líquido folicular faz com que o folículo ovárico aumente rapidamente.
8. Durante a menstruação, a camada funcional do endométrio é perdida.
9. Logo após a implantação, a gonadotropina coriônica humana (GCH/HCG) pode ser detectada.
10. Os testículos normalmente começam seu descenso no sétimo mês de desenvolvimento.

Nível 3 Pensamento crítico

1. Sim, ele ainda seria capaz de ter ereção. A consolidação da ereção é um reflexo parassimpático controlado pela parte sacral da medula espinal, inferior à lesão). A estimulação tátil do pênis pode iniciar o reflexo parassimpático que controla a ereção. Também seria capaz de ter ereção pela via simpática, uma vez que ela é controlada na região de T12–L2 da medula espinal (superior à lesão). A estimulação por centros superiores poderia produzir tono simpático reduzido nos vasos do pênis, resultando em ereção.
2. As células endometriais têm receptores para os hormônios estrógeno e progesterona e respondem a eles da mesma maneira que responderiam se as células estivessem no corpo do útero. Sob a influência do estrógeno, as células proliferam no início do ciclo menstrual e começam a desenvolver glândulas e vasos sangüíneos, que se desenvolvem mais ainda sob o controle da progesterona. Essa alteração drástica do tamanho do tecido e de suas características interfere com os tecidos vizinhos porque os pressionam ou interrompem suas funções de outra maneira. Essa interferência causa sensações dolorosas periódicas.
3. Os patógenos sexualmente transmitidos podem passar através da vagina, do útero e das tubas uterinas e ir diretamente para a cavidade peritoneal de uma mulher, causando peritonite; os homens não têm essa via de acesso. Como a uretra feminina é relativamente curta e se abre perto da vagina e do ânus, as infecções microbianas da uretra (uretrite) e da bexiga urinária (cistite) são, via de regra, causadas pela flora microbiana normal do períneo, que é movida para dentro, através da uretra, como decorrência indireta da relação sexual. Como a uretra masculina é mais comprida, a infecção do trato urinário é menos provável.

CAPÍTULO 28

Revisão dos conceitos

p. 750 1. Os espermatozóides não estão prontos para a fertilização até que passem pela capacitação, que ocorre no trato genital feminino.

p. 750 2. O oócito é circundado por uma camada de células foliculares. O acrossomo do espermatozóide contém hialuronidase para romper as conexões entre as células foliculares adjacentes. Um ou dois espermatozóides não bastam, contudo, porque pelo menos uma centena deve liberar hialuronidase para romper as conexões de maneira suficiente a permitir a fertilização.

p. 750 3. O oócito sofre ativação, que inclui uma elevação repentina do metabolismo, uma mudança na membrana celular para evitar a fertilização por outro espermatozóide e a consecução da meiose.

p. 750 4. O primeiro trimestre envolve o desenvolvimento de todos os principais sistemas de órgãos.

p. 757 1. A massa celular interna do blastocisto, por fim, passa a ser o embrião.

p. 757 2. O sinciciotrofoblasto faz seu caminho por meio da erosão do epitélio uterino. Há uma certa digestão das glândulas uterinas, que liberam nutrientes que são absorvidos pelo sinciciotrofoblasto e distribuídos por difusão para a massa celular interna.

p. 757 3. A camada mesodérmica dá origem aos sistemas esquelético, muscular, endócrino, circulatório, linfático, urinário e genital e ao revestimento das cavidades corporais; também forma os tecidos conectivos.

p. 757 4. A placenta contém as artérias maternas e uma só veia umbilical, permite a troca de nutrientes nas vilosidades coriônicas e sintetiza hormônios que são importantes para a mãe e para o embrião.

p. 763 1. Os sistemas de órgãos continuam o desenvolvimento, e o embrião cresce rapidamente, embora o crescimento em altura seja mais acentuado do que em peso.

p. 763 2. A fase de dilatação, na qual o colo do útero se dilata e o feto desliza pelo canal do colo do útero, em geral leva oito ou mais horas.

p. 763 3. Os rins, embora sejam capazes de filtrar os detritos, não podem concentrar a urina. Isso significa que o recém-nascido perde grande quantidade de água pela micção e precisa ingerir grande quantidade de líquido para compensar a perda.

p. 763 4. Durante a fase placentária, o útero vazio contrai e diminui de tamanho, o que quebra a conexão entre o endométrio e a placenta, causando a expulsão desta última.

Revisão do capítulo

Nível 1 Revisão de fatos e termos

1. F	**2.** G	**3.** J	**4.** B
5. H	**6.** D	**7.** I	**8.** C
9. A	**10.** E	**11.** B	**12.** C
13. B	**14.** A	**15.** C	**16.** B
17. C	**18.** A	**19.** B	**20.** A

Nível 2 Revisão de conceitos

1. D
2. B
3. C
4. A clivagem é uma seqüência de divisões celulares que ocorrem imediatamente depois da fertilização, no primeiro trimestre.
5. A linha primitiva é a faixa central do disco embrionário, onde as células migram e começam a se separar em camadas germinativas.
6. A gonadotropina coriônica humana é produzida nas células trofoblásticas logo após a implantação. Ela avisa ao corpo lúteo que ele deve produzir mais progesterona.
7. Anfimixia é a fusão dos pró-núcleos masculino e feminino.
8. O saco vitelino funciona na produção de células sangüíneas.
9. Organogênese é o processo de formação dos órgãos.
10. O primeiro trimestre é crítico porque os eventos nas 12 semanas iniciais estabelecem a base para a formação de órgãos.

Nível 3 Pensamento crítico

1. Embora tecnicamente o que José diz seja verdade – só um espermatozóide fertiliza um óvulo – a probabilidade de isso ocorrer se não forem depositados espermatozóides suficientes é muito pequena. Dos milhões de espermatozóides que entram no trato genital feminino, a maioria é morta ou incapacitada antes de atingir o útero. O meio ácido, a temperatura e a presença de imunoglobulinas nas secreções vaginais são apenas alguns fatores responsáveis pela morte de tantos espermatozóides. Muitos espermatozóides não são capazes de fazer o percurso completo. Quando chega no oócito secundário, o espermatozóide precisa penetrar na coroa radiada, e isso demanda contribuições enzimáticas combinadas de mais de uma centena de espermatozóides. Se o ejaculado contiver poucos espermatozóides, é provável que nenhum atinja o oócito, tornando impossível a fertilização.

2. Visto que os processos como clivagem, gastrulação e organogênese ocorrem durante os primeiros três meses da gestação, o desenvolvimento embrionário pode ser perturbado durante o primeiro trimestre da gravidez. Como cada célula do embrião inicial pode dar origem a múltiplos tecidos, quanto mais cedo o desenvolvimento embrionário for interrompido, mais estruturas são afetadas. Contrair rubéola durante as primeiras 10 semanas de gravidez em geral causa defeitos cardíacos congênitos, catarata, surdez e retardo mental no feto em desenvolvimento. No final do primeiro trimestre, a base da formação de todos os principais sistemas de órgãos foi estabelecida, de modo que as perturbações depois desse período têm mais probabilidade de afetar órgãos ou sistemas corporais específicos.

Apêndice

Pesos e medidas

Raízes, prefixos, sufixos e formas combinadas de palavras estrangeiras

Epônimos de uso generalizado

Pesos e medidas

Fazer descrições exatas de objetos físicos seria impossível sem um método preciso para informar os dados pertinentes. As dimensões como comprimento e largura são relatadas em unidades padronizadas de medida, como centímetros ou polegadas. Esses valores podem ser usados para calcular o volume de um objeto, uma mensuração da quantidade de espaço que ele ocupa. **Massa** é outra propriedade física importante. A massa de um objeto é determinada pela quantidade de matéria que ele contém; na Terra, a massa de um objeto determina seu peso.

Nos Estados Unidos, em geral, comprimento e largura são descritos em termos de polegadas, pés ou jardas; volumes, em pintas, quartos ou galões; e pesos, em onças, libras ou toneladas. Essas unidades pertencem ao **sistema de medidas norte-americano**. A Tabela A.1 resume os termos familiares e não-familiares usados no sistema norte-americano. Para fins de consulta, essa tabela também inclui uma definição das "unidades domésticas" populares em receitas e livros de culinária. Trabalhar com o sistema norte-americano pode ser bastante difícil, porque não existe uma relação lógica entre as várias unidades. Por exemplo, há 12 polegadas em um pé, 3 pés em uma jarda e 1.760 jardas em uma milha. Sem um padrão claro de organização, a conversão de pés para polegadas ou de milhas para pés pode ser confusa e demorada. As relações entre onças, pintas, quartos e galões, ou de onças, libras e toneladas não são mais lógicas do que isso.

Em contraste, o **sistema métrico** tem uma organização lógica baseada em potências de 10, como indica a Tabela A.2. Por exemplo, um **metro** (m) representa a unidade básica para a medida de tamanho. Ao medir objetos maiores, os dados podem ser relatados em termos de **decâmetros** (*deka*, dez), **hectômetros** (*hekaton*, cem) ou **quilômetros** (**km**; *chilioi*, mil); para objetos menores, os dados podem ser informados em **decímetros** (**dm**; 0,1 m; *decem*, dez), **centímetros** (**cm** = 0,01 m; *centum*, cem), **milímetros** (**mm** = 0,001 m; *mille*, mil), e assim por diante. Observe que os mesmos prefixos são usados para os pesos, com base no **grama** (**g**), e os volumes, com base no **litro** (**L**). Este texto informa os dados em unidades métricas, em geral com os equivalentes usados nos Estados Unidos. Você que é norte-americano deve usar esta oportunidade para se familiarizar com o sistema métrico, porque a maioria das fontes técnicas informa os dados apenas em unidades métricas, e grande parte do restante do mundo usa exclusivamente o sistema métrico. Os fatores de conversão estão incluídos na Tabela A.2.

Em certa época, as farmácias usaram o **sistema farmacêutico**, um sistema relativamente especializado de medidas emprestado da Inglaterra quando a América ainda era colônia. Esse sistema foi basicamente substituído pelo sistema métrico, e nós ignoramos as unidades farmacêuticas neste livro. O sistema farmacêutico trata apenas de volumes e pesos, e as unidades volumétricas são comparáveis às do sistema norte-americano. Os dois sistemas diferem, porém, em termos de definição de unidades de massa.

O sistema norte-americano e o sistema métrico também diferem quanto aos métodos de relatar temperaturas; nos Estados Unidos, as temperaturas são em geral expressas em graus Fahrenheit (°F), enquanto a literatura científica e as pessoas na maioria dos outros países relatam temperaturas em graus centígrados ou Celsius (°C). A relação entre as temperaturas em graus Fahrenheit e em graus centígrados foi indicada na parte final da Tabela A.2.

TABELA A.1 Sistema de medidas norte-americano

Propriedade física	Unidade	Relação com outras unidades norte-americanas	Relação com as unidades domésticas
Comprimento	polegada (pol.)	pol. = 0,083 pé	
	pé	1 pé = 12 pol. = 0,33 yd	
	jarda (yd)	1 yd = 36 pol. = 3 pés	
	milha (mi)	1 mi = 5.280 pés = 1.760 yd	
Volume	dracma líquido (fl dr)	1 fl dr = 0,125 fl oz	
	onça líquida (fl oz)	1 fl oz = 8 fl dr = 0,0625 pt	= 6 colheres de chá = 2 colheres de sopa
	pinta (pt)	1 pt = 128 fl dr =16 fl oz = 0,5 qt	= 32 colheres de sopa = 2 xícaras
	quarto (qt)	1qt = 256 fl dr = 32 fl oz = 2 pt = 0,25 gal	= 4 xícaras
	galão (gal)	1 gal = 128 fl oz = 8 pt = 4 qt	
Massa	grão (gr)	1 gr = 0,002 oz	
	dracma (dr)	1 dr = 27,3 gr = 0,063 oz	
	onça (oz)	1 oz = 437,5 gr = 16 dr	
	libra (lb)	1 lb = 7.000 gr = 256 dr = 16 oz	
	tonelada (t)	1 t = 2.000 lb	

TABELA A.2 Sistema métrico decimal

Propriedade física	Unidade	Relação com as unidades métricas padrão	Conversão para unidades norte-americanas	
Comprimento	nanômetro (nm)	1 nm = 0,000000001 m (10^{-9})	= 4 x 10^{-8} pol.	25.000.000 nm = 1 pol.
	micrômetro (µm)	1 µm = 0,000001 m (10^{-6})	= 4 X 10^{-5} pol.	25.000 m = 1 pol.
	milímetro (mm)	1 mm = 0,001 m (10^{-3})	= 0,0394 pol.	25,4 mm = 1 pol.
	centímetro (cm)	1 cm = 0,01 m (10^{-2})	= 0,394 pol.	2,54 cm = 1 pol.
	decímetro (dm)	1 dm = 0,1 m (10^{-1})	= 3,94 pol.	0,25 dm = 1pol.
	metro (m)	unidade padrão de comprimento	= 39,4 pol. = 3,28 pés = 1,09 yd	0, 0254 m = 1 pol. 0,3048 m = 1 pé 0,914 m = 1 yd
	decâmetro (dam)	1 dam = 10 m		
	hectômetro (hm)	1 hm = 100 m		
	quilômetro (km)	1 km = 1.000 m	= 3.280 pés = 1.093 yd = 0,62 mi	1.609 km = 1 mi
Volume	microlitro (µL)	1 µL = 0,000001 L (10^{-6}) = 1 milímetro cúbico (mm^3)		
	mililitro (mL)	1 mL = 0,001 L (10^{-3}) = 1 centímetro cúbico (cm^3 ou cc)	= 0,03 fl oz	5 mL = 1 colher de chá 15 mL = 1 colher de sopa 30 mL = 1 fl oz
	centilitro (cL)	1 cL = 0,01 L (10^{-2})	= 0,34 fl oz	3 cL = 1 fl oz
	decilitro (dL)	1 dL = 0,1 L (10^{-1})	= 3,38 fl oz	0,29 dL = 1 fl oz
	litro (L)	unidade padrão de volume	= 33,8 fl oz = 2,11 pt = 1,06 qt	0,0295 L = 1 fl oz 0,473 L = 1 pt 0,946 L = 1 qt
Massa	picograma (pg)	1 pg = 0,000000000001 g (10^{-12})		
	nanograma (ng)	1 ng = 0,000000001 g (10^{-9})		
	micrograma (µg)	1 µg = 0,000001 g (10^{-6})	= 0,000015 gr	66.666 µg = 1 gr
	miligrama (mg)	1 mg = 0,001 g (10^{-3})	= 0,015 gr	66,7 mg = 1 gr
	centigrama (cg)	1 cg = 0,01 g (10^{-2})	= 0,15 gr	6,7 cg = 1 gr
	decigrama (dg)	1 dg = 0,1 g (10^{-1})	= 1,5 gr	0,67 dg = 1 gr
	grama (g)	unidade padrão de massa	= 0,035 oz = 0,0022 lb	28,35 g = 1 oz 453,6 g = 1 lb
	decagrama (dag)	1 dag = 10 g		
	hectograma (hg)	1 hg = 100 g		
	quilograma (kg)	1 kg = 1.000 g	= 2,2 lb = 1,1 t	0,453 kg = 1 lb
	tonelada métrica (kt)	1 kt = 1.000 kg	= 2.205 lb	0,907 kt = 1 t
Temperatura	**Centígrados**	**Fahrenheit**		
Ponto de congelamento da água pura	0°	32°		
Temperatura corporal normal	36,8°	98,6°		
Ponto de ebulição da água pura	100°	212°		
Conversão °C → °F:	°F = (1,8 x °C) + 32	°F → °C: °C = (°F – 32) x 0,56		

Raízes, Prefixos, Sufixos e Formas Combinadas de Palavras Estrangeiras

Muitas das palavras que usamos no dia-a-dia têm raízes em outros idiomas, especialmente grego e latim. Esse é o caso específico dos termos anatômicos, muitos dos quais foram introduzidos na literatura anatômica por anatomistas gregos e romanos. Esta lista inclui algumas das raízes, prefixos, sufixos e formas combinadas de palavras estrangeiras que fazem parte de muitos termos biológicos e anatômicos que você verá neste livro.

a-, *a-*, sem: avascular
ab-, *ab*, de: abduzir
-ac, *-akos,* pertencente a: cardíaco
ad-, *ad*, para, na direção de: aduzir
aden-, adeno-, *adenos,* glândula: adeno-hipófise
af-, *ad,* na direção de: aferente
-al, *-alis*, pertencente a: braquial
-algia, *algos,* dor: neuralgia
ana-, *ana*, para cima, trás: anáfase
andro-, *andros,* homem: androgênio
angio-, *angeion,* vaso: angiograma
anti-, ant-, *anti*, contra: antibiótico
apo-, *apo*, de: apócrino
aracn-, *arachne*, aranha: aracnóide
artro-, *arthros,* articulação: artroscopia
-asis, -asia, estado, situação: homeostase
astro-, *aster,* estrela*:* astrócito
atel-, *ateles,* imperfeito: atelectasia
baro-, *baros,* pressão: baroceptor
bi-, *bi-*, dois: bifurcado
blast-,-blast, *blastos,* precursor: blastocisto
bradi-, *bradys,* lento: bradicardia
braqui-, *brachium*, braço: braquiocefálico
bronqu-, *bronchus,* brônquio, via aérea: bronquial
cardi-, cardio-, -cardia, *kardia*, coração: cardíaco
cario-, *karyon*, corpo: megacariócito
cel-, -cel, *koila*, cavidade: celoma
-centese, *kentesis,* punção: toracocentese
cerebro-, *cerebrum,* cérebro: cerebrospinal
cino-, -cinin, *kinein*, mover: bradicinina
circun-, *circum,* em torno de: circundução
cist-, -cist, *kystis*, bolsa: blastocisto
-clast, *klastos,* quebrar: osteoclasto
cole-, *chole*, bile: colecistite
condro-, *chondros,* cartilagem: condrócito
contra-, *contra,* contra: contralateral
cranio-, *cranium*, crânio: craniossacral
cribr-, *cribrum,* peneira: cribriforme
-crino, *krinein,* separar: endócrino
crom-, cromo-, *chroma*, cor: cromatina
desmo-, *desmos,* faixa: desmossomo
di-, *dis,* duplo: dissacarídeo
dia-, *dia*, através: diâmetro
dis-, *dys-*, doloroso: dismenorréia
diure-, *diourein,* urinar: diurese
-ectase, *ektasis*, expansão: atelectasia
ecto-, *ektos,* externo: ectoderma
ef-, *ex*, longe de: eferente
emetro-, *emmetros,* na medida certa: emetropia
encefalo-, *enkephalos,* encéfalo: encefalite
end-, endo-, *endos,* interior: endométrio
entero-, *enteron,* intestino: entérico
epi-, *epi,* sobre: epimísio
eritema-, *erythema*, avermelhado (pele): eritematose
eritro-, *erythros*, vermelho: eritrócito
escler-, esclero-, *skleros,* duro: esclera
espin-, *spina*, espinha, coluna vertebral: espinotalâmico
estilo-, *stylus,* estaca, vara: estilóide
-estoma, *stoma*, boca, abertura: colostomia
ex-, *ex,* fora, longe de: exocitose
-fasia, *phasis*, fala: afasia
ferr-, *ferrum,* ferro: transferrina
-fil, -filia, *philus*, amor: hidrófilo
-filaxia, *phylax,* defesa: profilaxia
fisio-, *physis*, natureza, função: fisiologia
-fobo, -fobia, *phobos,* medo: hidrofóbico
genio-, *geneion,* queixo, mento: genio-hióideo
-gen, -genic, *gennan*, produzir: mutagênico
genicula-, *geniculum*, estrutura semelhante ao joelho: geniculado
gine-, gino-, *gynaikos,* mulher: ginecologista
glico-, *glykys,* açúcar: glicogênio
glosso-, *glossus,* língua: hipoglosso
-graf, -grafia, *graphein,* escrever, registrar: eletroencefalografia
-gram, *gramma,* registro: miograma
hem-, hemato-, *haima*, sangue: hemopoiese
hemi-, hemi-, metade: hemisfério
hepato-, *hepaticus,* fígado: hepatócito
hetero-, *heteros,* outro: heterossexual
hial-, hialo-, *hyalos*, vidro: hialino
hidro-, *hydros,* água: hidrólise
hio-, *hyoeides,* em forma de "U": hióide
hiper-, *hyper,* acima: hiperpolarização
histo-, *histos*, tecido: histologia
holo-, *holos,* inteiro: holócrino
homeo-, homo-, *homos*, mesmo: homeostase
ili-, ilio-, *ilium*: ilíaco
infra-, *infra,* abaixo: infra-orbital
inter-, *inter*, entre: interventricular
intra-, *intra*, dentro: intracapsular
ipsi-, *ipse,* o próprio: ipsilateral
iso-, *isos*, igual: isotônico
-ite, *-itis*, inflamação: dermatite
lact-, lacto-, -lactin, *lac,* leite: prolactina
-lema, *lemma,* casca: plasmalema
leuco-, *leukos,* branco: leucócito
liga-, *ligare,* unir, ligar: ligase
lip-, lipo-, *lipos,* gordura: lipóide
liso-, -lise, *lysis,* dissolução: hidrólise
mal-, má-, *mal*, anormal: má-absorção
mamila-, *mamilla*, pequena mama: mamilar
mast-, masto-, *mastos,* mama: mastóide
mega-, *mega,* grande: megacariócito
mero-, *meros,* parte: merócrino
meso-, *mesos*, médio: mesoderma
meta-, *meta*, depois, além: metáfase
mielo-, *myelos,* medula: mieloblasto
mio-, *mys,* músculo: miofilamento
mono-, *mono*, único: monócito
morfo-, *morphe,* forma: morfologia
-mural, *murus*, parede: intramural
natri-, *natrium*, sódio: natriurético
neur-, neuro-, *neurônio,* nervo: neuromuscular
oculo-, *ocelos,* olho: oculomotor
oligo-, *oligos,* pequeno, pouco: oligopeptídeo
-ologia, *logos,* estudo de: fisiologia
-oma, *-oma,* inchaço: carcinoma
onco-, *onkos*, massa, tumor: oncologia
-opia, *ops,* olho: óptico
-ose, *-osis*, estado, situação: neurose
osteon, osteo-, *os,* osso: osteócito
oto-, *otikos*, orelha: otite
para-, *para,* além: paraplegia
pato-, -pat, -patia, *pathos,* doença: patologia
pedia-, *paidos,* criança: pediatra
peri-, *peri,* em torno de: perineuro
-plasia, *plasis,* formação: displasia
plati-, *platys,* plano: platisma
-plegia, *plege,* choque, paralisia: paraplegia
-plexy, *plessein,* golpe: apoplexia
podo-, *podon,* pé: podócito
-poiese, poiesis, fazer: hematopoiese
poli-, *polys,* muitos: polissacarídeo
presbi-, *presbys,* velho: presbiopia
pro-, *pro,* antes: prófase
pterigo-, *pteryx,* asa: pterigóide
pulp-, *pulpa,* carne: pulpite
querato-, *keros,* corno: queratina
retro-, *retro*, para trás: retroperitoneal
-rreia, *rhein*, fluxo, descarga: amenorréia
sarco-, *sarkos,* carne: sarcômero
-se, estado, situação: metástase
semi-, *semis,* metade: semitendíneo
-septic, *septikos,* pútrido: anti-séptico
sin-, *syn,* junto: síntese
som-, -somo, *soma,* corpo: somático
sub-, *sub,* abaixo: subcutâneo
taqui-, *tachys,* ágil, rápido: taquicardia
telo-, *telos,* final, fim, distante no lugar: telófase
term-, termo-, *therme,* calor: termorregulação
-tomia, *temnein,* cortar: apendicectomia
trans-, *trans,* através: transudato
-trofic, -trofin, -trofia, *trophikos,* nutritivo: adrenocorticotrópico
trofo-, *trophe,* nutrição: trofoblasto
tropo-, *tropiko:* girar: troponina
uro-, -uria, *ouron,* urina: glicosúria

Epônimos de Uso Generalizado

Epônimo	Termos equivalentes	Indivíduo relacionado
NÍVEL CELULAR DE ORGANIZAÇÃO (CAPÍTULO 2)		
Aparelho de Golgi		Camillo Golgi (1844-1926), histologista italiano; dividiu o Prêmio Nobel em 1906
Ciclo de Krebs	Ciclo do ácido tricarboxílico ou cítrico	Hans Adolph Krebs (1900-1981), bioquímico alemão; dividiu o Prêmio Nobel em 1953
O SISTEMA ESQUELÉTICO (CAPÍTULOS 5-8)		
Fratura de Colles		Abraham Colles (1773-1843), cirurgião irlandês
Canais de Havers	Canais centrais	Clopton Havers (1650-1702), anatomista e microscopista inglês
Sistemas de Havers	Osteonas	Clopton Havers (1650-1702), anatomista e microscopista inglês
Fratura de Pott		Percivall Pott (1714-1788), cirurgião inglês
Fibra de Sharpey	Fibras perfurantes	William Sharpey (1802-1880), histologista e fisiologista escocês
Canais de Volkmann	Canais perfurantes	Alfred Wilhelm Volkmann (1800-1877), cirurgião alemão
Ossos wormianos	Ossos suturais	Olas Worm (1588-1654), anatomista dinamarquês
O SISTEMA MUSCULAR (CAPÍTULOS 9-11)		
Tendão de Aquiles	Tendão do calcâneo	Aquiles, herói da mitologia grega
Ciclo de Cori		Carl Ferdinand Cori (1896-1984) e Gerty Theresa Cori (1896-1957), bioquímicos americanos; dividiram o Prêmio Nobel em 1947
O SISTEMA NERVOSO (CAPÍTULOS 13-17)		
Área de Broca	Centro cortical da fala	Pierre Paul Broca (1824-1880), cirurgião francês
Forames de Luschka	Aberturas laterais do quarto ventrículo	Hubert von Luschka (1820-1875), anatomista alemão
Forame de Magendie	Abertura mediana do quarto ventrículo	François Magendie (1783-1855), fisiologista francês
Forame de Monro	Forame interventricular	John Cummings Monro (1858-1910), cirurgião americano
Corpos de Nissl	Substância cromatofílica	Franz Nissl (1860-1919), neurologista alemão
Células de Purkinje (no córtex do cerebelo)		Johannes E. Purkinje (1787-1869), fisiologista checoslovaco
Nó de Ranvier	Hiato (lacuna) da bainha de mielina	Louis Antoine Ranvier (1835-1922), fisiologista francês
Ilha de Reil	Lobo insular (ínsula)	Johann Christian Reil (1759-1813), anatomista alemão
Fissura de Rolando	Sulco central	Luigi Rolando (1773-1831), anatomista italiano
Células de Schwann		Theodor Schwann (1810-1882), anatomista alemão
Aqueduto de Sylvius (Sílvio)	Aqueduto do mesencéfalo	Jacobus Sylvius (Jacques Dubois, 1478-1555), anatomista francês
Fissura de Sylvius (Sílvio)	Sulco lateral	Franciscus Sylvius (Franz de le Boë, 1614-1672), anatomista holandês
Ponte de Varólio	Ponte	Costanzo Varolio (1543-1575), anatomista italiano
FUNÇÃO SENSITIVA (CAPÍTULO 18)		
Órgão de Corti	Órgão espiral	Alfonso Corti (1822-1888), anatomista italiano
Trompa de Eustáquio	Tuba auditiva	Bartolomeo Eustachio (1520-1574), anatomista italiano
Órgãos tendíneos de Golgi	Órgãos tendíneos (neurotendíneos)	*Ver* Aparelho de Golgi *em* Nível celular (Capítulo 2)
Hertz (Hz)		Heinrich Hertz (1857-1894), físico alemão
Glândulas de Meibomio	Glândulas tarsais	Heinrich Meibom (1638-1700), anatomista alemão
Corpúsculos de Meissner	Corpúsculos táteis	Georg Meissner (1829-1905), fisiologista alemão
Discos de Merkel	Discos táteis	Friedrich Siegismund Merkel (1845-1919), anatomista alemão
Corpúsculos de Pacini	Corpúsculos lamelados	Filippo Pacini (1812-1883), anatomista italiano
Corpúsculos de Ruffini		Angelo Ruffini (1864-1929), anatomista italiano
Canal de Schlemm	Seio venoso da esclera	Friedrich S. Schlemm (1795-1858), anatomista alemão
Glândulas de Zeis	Glândulas sebáceas da pálpebra	Edward Zeis (1807-1868), oftalmologista alemão
O SISTEMA ENDÓCRINO (CAPÍTULO 19)		
Ilhotas de Langerhans	Ilhotas pancreáticas	Paul Langerhans (1847-1888), patologista alemão
Células intersticiais de Leydig	Células intersticiais	Franz von Leydig (1821-1908), anatomista alemão

Epônimo	Termos equivalentes	Indivíduo relacionado
O SISTEMA CIRCULATÓRIO (CAPÍTULOS 20-22)		
Feixe de His	Fascículo atrioventricular	Wilhelm His (1863-1934), médico alemão
Fibras de Purkinje	Ramos subendocárdicos	*Ver em* O Sistema Nervoso (Capítulos 13-17)
Lei de Starling		Ernest Henry Starling (1866-1927), fisiologista inglês
Círculo de Willis	Círculo arterial do cérebro	Thomas Willis (1621-1675), médico inglês
O SISTEMA LINFÁTICO (CAPÍTULO 23)		
Corpúsculos de Hassall	Corpúsculos tímicos	Arthur Hill Hassall (1817-1894), médico inglês
Células de Kupffer	Células reticuloendoteliais estreladas	Karl Wilhelm Kupffer (1829-1902), anatomista alemão
Células de Langerhans		*Ver* Ilhotas de Langerhans *em* O Sistema Endócrino (Capítulo 19)
Placas de Peyer	Nódulos linfáticos agregados	Johann Conrad Peyer (1653-1712), anatomista suíço
O SISTEMA RESPIRATÓRIO (CAPÍTULO 24)		
Pomo-de-Adão	Proeminência laríngea da cartilagem tireóidea	Referência bíblica
Efeito de Bohr		Cristian Bohr (1855-1911), fisiologista dinamarquês
Lei de Boyle		Robert Boyle (1621-1691), físico inglês
Lei de Charles		Jacques Alexandre César Charles (1746-1823), físico francês
Lei de Dalton		John Dalton (1766-1844), físico inglês
Lei de Henry		William Henry (1775-1837), químico inglês
O SISTEMA DIGESTÓRIO (CAPÍTULO 25)		
Plexo de Auerbach	Plexo mioentérico	Leopold Auerbach (1827-1897), anatomista alemão
Glândulas de Brünner	Glândulas duodenais	Johann Conrad Brünner (1653-1727), anatomista suíço
Células de Kupffer	Células reticuloendoteliais estreladas	*Ver* O Sistema Linfático (Capítulo 23)
Criptas de Lieberkühn	Glândulas intestinais (criptas)	Johann Nathaniel Lieberkühn (1711-1756), anatomista alemão
Plexo de Meissner	Plexo submucoso	*Ver* Corpúsculos de Meissner *em* Função Sensitiva (Capítulo 18)
Esfincter de Oddi	Músculo esfincter da ampola hepatopancreática	Ruggero Oddi (1864-1913), médico italiano
Placas de Peyer	Nódulos linfáticos agregados	*Ver em* O Sistema Linfático (Capítulo 23)
Ducto de Santorini	Ducto pancreático acessório	Giovanni Domenico Santorini (1681-1737), anatomista italiano
Ducto de Stensen (Stenon)	Ducto parotídeo	Niels Stensen (1638-1686), médico e pastor dinamarquês
Ampola de Vater	Ampola hepatopancreática	Abraham Vater (1684-1751), anatomista alemão
Ducto de Wharton	Ducto submandibular	Thomas Wharton (1614-1673), médico inglês
Forame de Winslow	Forame omental	Jacob Benignus Winslow (1669-1760), anatomista francês
Ducto de Wirsung	Ducto pancreático	Johann Georg Wirsung (1600-1643), médico alemão
O SISTEMA URINÁRIO (CAPÍTULO 26)		
Cápsula de Bowman	Cápsula glomerular	Sir William Bowman (1816-1892), médico inglês
Alça de Henle	Alça do néfron	Friedrich Gustav Jakob Henle (1809-1885), histologista alemão
Glândulas de Littré	Glândulas uretrais	Alexis Littré (1658-1726), cirurgião francês
O SISTEMA GENITAL (CAPÍTULOS 27-28)		
Glândula de Bartholin	Glândula vestibular maior	Casper Bartholin, Jr. (1655-1738), anatomista dinamarquês
Glândula de Cowper	Glândula bulbouretral	William Cowper (1666-1709), cirurgião inglês
Trompa de Falópio	Tuba uterina	Gabriele Falloppio (1523-1562), anatomista italiano
Folículo de Graaf	Folículo ovárico terciário	Reijnier de Graaf (1641-1673), médico dinamarquês
Células intersticiais de Leydig	Células intersticiais	*Ver em* O Sistema Endócrino (Capítulo 19)
Células de Sertoli	Células de sustentação	Enrico Sertoli (1842-1910), histologista italiano

Glossário dos Termos Essenciais

Abdome: Região do tronco delimitada pelo diafragma e pela pelve.

Abdução: Movimento para longe (afastar) da linha mediana do corpo.

Abducente: VI par de nervos cranianos; inerva o músculo reto lateral do bulbo do olho.

Abertura lateral: Abertura no teto do quarto ventrículo que permite a circulação do LCE para o espaço subaracnóideo.

Aborto: Perda ou expulsão prematura de embrião ou feto.

Abscesso: Coleção localizada de pus dentro de um tecido danificado.

Absorção: Captação ativa ou passiva de gases, líquidos ou solutos.

Acalasia: Afecção que se desenvolve quando o "esfincter esofágico inferior" não relaxa, e a matéria ingerida não pode entrar no estômago.

Acetábulo: Fossa na região lateral da pelve que acomoda a cabeça do fêmur.

Acetilcolina (ACh): Neurotransmissor químico no encéfalo e no SNP; é o neurotransmissor dominante no SNP, liberado nas sinapses neuromusculares e sinapses da parte parassimpática do SNA.

Acetilcolinesterase (AChE): Enzima encontrada na fenda sináptica, ligada à membrana pós-sináptica, e em tecidos líquidos; degrada e inativa as moléculas de ACh.

Acidente vascular encefálico (AVE): Derrame; oclusão de um vaso sangüíneo que irriga uma parte do encéfalo, resultando em lesão de neurônios.

Ácido: Um composto cuja dissociação em solução libera um íon hidrogênio e um ânion; uma solução ácida tem pH abaixo de 7,0 e contém um excesso de íons hidrogênio.

Ácido desoxirribonucléico (DNA): Fita de DNA: ácido nucléico que consiste em uma cadeia de nucleotídeos que contém o açúcar desoxirribose e as bases nitrogenadas adenina, guanina, citosina e timina. Molécula de DNA: duas fitas de DNA enroladas em uma dupla hélice e mantidas juntas por ligações fracas entre pares de bases nitrogenadas complementares.

Ácido gama aminobutírico (GABA): Neurotransmissor do SNC cujos efeitos são, em geral, inibidores.

Ácido hialurônico ou hialuronano: Proteoglicano na matriz de muitos tecidos conectivos que dá à matriz uma consistência viscosa; também funciona como cimento intercelular.

Ácido láctico: Composto produzido a partir do ácido pirúvico durante a glicólise.

Ácido muriático: Ácido clorídrico (HCl).

Ácido nucléico: Polímero de nucleotídeos que contém açúcar pentose, um grupo fosfato e uma de quatro bases nitrogenadas que regulam a síntese de proteínas e compõem o material genético nas células.

Ácido pirúvico: Composto com três carbonos produzido por glicólise.

Ácido ribonucléico (RNA): O ácido ribonucléico consiste em uma cadeia de nucleotídeos que contém açúcar ribose e as bases nitrogenadas adenina, guanina, citosina e uracil.

Ácidos graxos: Cadeias de hidrocarbonetos que terminam com um grupo carboxila.

Ácino: Termo histológico que se refere a uma bolsa ou saco em fundo cego.

Acne: Afecção caracterizada por inflamação das glândulas sebáceas e folículos; em geral afeta adolescentes e é mais freqüente na face.

Acomodação: Alteração da curvatura da lente para focalizar uma imagem na retina; diminui em sensibilidade de receptores ou percepção depois de estimulação crônica.

Acromegalia: Afecção causada por superprodução do hormônio do crescimento humano no adulto, caracterizada por espessamento dos ossos e aumento das cartilagens e de outros tecidos moles.

Acrômio: Extremidade da espinha da escápula que se projeta superiormente à cápsula da articulação do ombro.

Acrossomo ("capuz cefálico"): Bolsa membranácea na cabeça do espermatozóide que contém ácido hialurônico.

Actina: Componente protéico de microfilamentos; forma finos filamentos nos músculos esqueléticos e produz contrações de todos os músculos por meio da interação com filamentos grossos (miosina); *ver* **Teoria do filamento deslizante**.

Acústico: Pertencente ao som ou ao sentido da audição.

Adaptação: Alteração do diâmetro da pupila em resposta às mudanças da intensidade da luz; no SNC, em geral, é usada como sinônimo de acomodação: respostas fisiológicas que produzem aclimatação.

Addison, doença de: Doença resultante de hipossecreção de glicocorticóides, caracterizada por letargia, fraqueza, hipotensão e aumento da pigmentação cutânea.

Adenina: Uma purina, uma das bases de nitrogênio nos ácidos nucléicos RNA e DNA.

Adeno-hipófise: Lobo anterior da hipófise, que é subdividido em partes distal, intermédia e tuberal. Também chamada de *parte anterior da hipófise*.

Adenóide: Tonsila faríngea.

Adenosina trifosfato (ATP): Composto de alta energia que consiste em adenosina com três grupos fosfato ligados; o terceiro está unida por ligação de alta energia.

Adesão: Fusão de duas lâminas de serosa depois de lesão ou irritação das superfícies opostas.

Adipócito: Célula de gordura.

Adução: Movimento na direção da linha mediana do corpo (aproximar), visto na posição anatômica.

Adventícia: Camada externa de tecido conectivo que circunda um órgão interno; as fibras são contínuas com as de tecidos envoltórios, proporcionando sustentação e estabilização.

Afasia: Incapacidade de falar (linguagem) corretamente.

Aferente: Na direção de uma área receptora central.

Agentes mutagênicos: Substâncias químicas que induzem mutações e podem ser carcinogênicos.

Aglutinação: Agregação de glóbulos vermelhos do sangue devido a interações entre os aglutinógenos de superfície e as aglutininas plasmáticas.

Agonista: Músculo responsável por um movimento específico (ator principal).

Agranular: Sem grânulos; os **leucócitos agranulares** são monócitos e linfócitos; o **retículo endoplasmático agranular (liso)** é uma organela intracelular que sintetiza e armazena carboidratos e lipídeos.

Agudo: De início repentino, grave em intensidade, e de breve duração.

Agulha hipodérmica: Agulha inserida através da pele para introduzir medicamentos na tela subcutânea.

AIDS (SIDA): *Ver* **síndrome da imunodeficiência adquirida**.

Alantóide: Uma das membranas extra-embrionárias; fornece vascularização para o cório e, portanto, é essencial para a formação da placenta; a porção proximal torna-se a bexiga urinária.

Alba, albicante, albugínea: Branco.

Albinismo: Ausência de pigmento no cabelo e na pele causada pela incapacidade do corpo de produzir melanina.

Albumina: A menor das proteínas plasmáticas; funciona como proteína de transporte e é um fator contribuinte importante para a pressão oncótica do plasma.

Alça do néfron: Segmento do néfron entre os túbulos contorcidos proximal e distal. Também denominada *alça de Henle*.

Aldosterona: Mineralocorticóide (esteróide) produzido pela zona glomerulosa do córtex da supra-renal que estimula a conservação de sódio e água nos rins; secretada em resposta à presença de angiotensina II.

Aldosteronismo: Afecção causada pela supersecreção de aldosterona, caracterizada por retenção de líquidos, edema e hipertensão.

Alvéolo/alvéolos: Bolsas em fundo cego na extremidade da árvore bronquial, revestidas por epitélio escamoso simples e circundadas por uma rede de vasos capilares; a difusão gasosa com o sangue ocorre neles.

Alzheimer, doença de: Distúrbio resultante de alterações degenerativas nas populações de neurônios no encéfalo, causando demência, caracterizada por problemas de atenção, memória recente (curto prazo) e emoções.

Amilase: Enzima que degrada polissacarídeos, produzida pelas glândulas salivares e pelo pâncreas.

Aminoácidos: Compostos orgânicos cuja estrutura química pode ser resumida como $R\text{-}CHNH_2COOH$.

Amnésia: Perda temporária ou permanente da memória.

Âmnio: Uma das membranas extra-embrionárias; circunda o embrião ou feto em desenvolvimento

Amniocentese: Amostragem de líquido amniótico para fins de análise; usada para detectar certas formas de anormalidades genéticas.

Ampola: Dilatação localizada da cavidade (luz) de um canal ou passagem.

Ampola hepatopancreática: Câmara única que recebe bile do ducto colédoco e suco pancreático a partir do ducto pancreático.

Anabolismo: Síntese de compostos orgânicos complexos a partir de precursores mais simples.

Anáfase: Estágio mitótico no qual as cromátides pareadas separam-se e se movem para as extremidades opostas do fuso mitótico.

Analgesia: Alívio da dor.

Anastomose: Junção de dois tubos, em geral referente a uma conexão entre dois vasos periféricos sem leito capilar interveniente.
Anatomia: Estudo da estrutura do corpo.
Anatomia macroscópica: Estudo das características estruturais do corpo humano sem auxílio do microscópio.
Anciloglossia: Afecção caracterizada por frênulo da língua excessivamente forte e restritivo.
Andrógeno: Hormônio sexual esteróide, produzido primariamente pelas células intersticiais do testículo, e fabricado em pequenas quantidades pelo córtex da suprarrenal em ambos os gêneros.
Anemia: Doença marcada pela redução do hematócrito e/ou do conteúdo de hemoglobina no sangue.
Anencefalia: Defeito do desenvolvimento caracterizado pelo desenvolvimento incompleto dos hemisférios cerebrais e do crânio.
Anestesia: Perda total ou parcial da sensibilidade de uma região do corpo.
Aneurisma: Enfraquecimento e dilatação localizada na parede de uma artéria.
Anfiartrose: Articulação cartilagínea que permite um pequeno grau de movimento independente.
Anfimixia: Fusão dos pró-núcleos masculino e feminino depois da fertilização.
Angiografia: Exame com raio X da distribuição dos vasos depois da introdução de substâncias radiopacas na corrente sangüínea.
Angiotensina I, II: Angiotensina II é um hormônio que causa elevação da pressão arterial sistêmica, estimula a secreção de aldosterona, promove a sede e causa liberação de ADH; uma enzima conversora nos capilares pulmonares converte angiotensina I em angiotensina II.
Angiotensinogênio: Proteína sangüínea produzida pelo fígado que se converte em angiotensina I pela enzima renina.
Ângulos medial e lateral do olho: Ângulos formados em cada canto onde se juntam as pálpebras superior e inferior.
Anidrase carbônica: Enzima que catalisa a reação $H_2O + CO_2 \rightarrow H_2CO_3$; importante no transporte de dióxido de carbono, na secreção gástrica ácida e na regulação do pH renal.
Anorexia nervosa: Transtorno alimentar marcado pela perda de apetite e perda de peso pronunciada.
Anóxia: Ausência de oxigênio nos tecidos.
Antagonista: Músculo que se "opõe" ao movimento de um agonista.
Antebraço: Porção distal do membro superior entre o cotovelo e o punho.
Anteflexão: Posição normal do útero, com o fundo inclinado para a frente.
Anterior: Na frente ou junto à superfície ventral do corpo.
Antibiótico: Agente químico que mata seletivamente microrganismos patogênicos.
Anticoagulante: Composto que desacelera ou impede a formação de coágulos, interferindo no sistema de coagulação.
Anticorpo: Proteína globular produzida por plasmócitos que se liga a antígenos específicos e promove sua destruição ou remoção do corpo.
Antígeno: Substância capaz de induzir a produção de anticorpos.
Antígeno leucocitário humano (HLA): Antígenos nas superfícies das células importantes para o reconhecimento de antígenos estranhos, com um papel na coordenação e ativação da resposta imunológica.
Antro: Câmara ou bolsa.
Ânulo: Cartilagem ou osso em forma de anel.
Anúria: Cessação da produção de urina.
Ânus: Abertura externa do canal anal.
Aorta: Artéria grande e elástica que transporta sangue para fora do ventrículo esquerdo e atingindo a circulação sistêmica.
Aparelho fusiforme: Fuso neuromuscular (fibra intrafusal) e sua inervação sensitiva e motora.
Apêndice vermiforme: Divertículo em fundo cego conectado ao ceco do intestino grosso.
Apendicite: Inflamação do apêndice vermiforme.
Apendicular: Pertencente aos membros superiores ou inferiores.
Apgar, teste de: Teste usado para avaliar o estado neurológico de um recém-nascido.
Ápice: Extremidade pontuda, em geral referente a objeto triangular e posicionado em oposição a uma base ampla.
Apnéia: Cessação da respiração.
Aponeurose: Larga bainha tendínea que pode servir como inserção proximal ou inserção distal para um músculo esquelético.
Aqueduto do mesencéfalo: Passagem que liga o terceiro ventrículo (diencéfalo) ao quarto ventrículo (metencéfalo e mielencéfalo).
Aquiles, tendão de: Tendão do calcâneo.
Aracnóide-máter: A meninge média, que limita o LCE e protege o sistema nervoso central.
Arborizações terminais: Ramificações nas extremidades dos axônios que acabam em botões terminais; também denominadas *telodendros.*
Arco reflexo: Receptor, neurônio sensitivo, neurônio motor e efetor envolvidos em um determinado reflexo; os interneurônios (neurônios de associação) podem ou não estar presentes, dependendo do reflexo considerado.
Área bulbar do ritmo: Centro no bulbo responsável pelo ritmo básico da respiração; inclui centros inspiratório e expiratório.
Área pré-frontal: Porção anterior do córtex de cada hemisfério cerebral envolvida nas funções intelectuais superiores, previsões, cálculos, raciocínio e assim por diante.
Áreas de associação: Áreas corticais do cérebro responsáveis pela integração de informações sensitivas e/ou comandos motores.
Aréola: Área pigmentada que circunda a papila mamária da mama.
Areolar: Espaços pequenos de contenção, como no tecido conectivo areolar.
Arqueado: Curvo.
Arreflexia: Ausência de respostas reflexas normais à estimulação.
Arritmias: Padrões anormais de contrações cardíacas.
Artéria: Vaso que transporta sangue para longe do coração e na direção de um vaso capilar periférico.
Artéria carótida: A principal artéria do pescoço, que irriga estruturas cervicais e cefálicas; um ramo, a artéria carótida interna, garante irrigação sangüínea importante para o encéfalo.
Arteríola: Pequeno ramo arterial que leva sangue para uma rede de vasos capilares.
Arteríola glomerular aferente: Arteríola que traz sangue para o glomérulo renal.
Arteríola glomerular eferente: Arteríola que transporta sangue para longe do glomérulo renal.
Articulação: Área onde ossos adjacentes interagem. Juntura, junta; formação de palavras.
Articular: Pertencente a uma articulação.
Artrite: Inflamação de uma articulação.
Artroscópio: Dispositivo de fibra óptica destinado a visualizar o interior das articulações; também pode ser usado para certas formas de cirurgia.
Árvore bronquial: Traquéia, brônquios e bronquíolos.
"Árvore da vida": Massa central ramificada de substância branca no interior do cerebelo.
Ascite: Superprodução e acúmulo de líquido peritoneal.
Asfixia: Inconsciência causada pela ausência de oxigênio no SNC.
Asma: Constrição reversível do músculo liso em torno das vias respiratórias, freqüentemente causada por uma resposta alérgica.
Aspirado: Removido ou obtido por sucção; inalado.
Asséptico: Livre de contaminação patogênica.
Astigmatismo: Distúrbio visual provocado por uma irregularidade na curvatura da córnea.
Astrócito: Uma das células da glia no SNC.
Atelectasia: Colapso de um pulmão ou de parte dele.
Aterosclerose: Formação de placas adiposas nas paredes de artérias, que leva à deterioração circulatória.
Atresia: Fechamento de uma cavidade, ou seu desenvolvimento incompleto; usado no sistema genital para se referir à degeneração dos folículos ováricos durante o desenvolvimento.
Átrios: Câmaras de paredes delgadas do coração que recebem sangue da circulação pulmonar ou sistêmica.
Atrofia: Debilitação (regressão) de tecidos por falta de uso ou anormalidades nutricionais.
Auto-imunidade: Sensibilidade do sistema imunológico a células e tecidos normais, resultando na produção de anticorpos.
Auto-regulação: Alterações da atividade que mantêm a homeostase em resposta direta às alterações do movimento local; não exige controle nervoso ou endócrino.
Autólise: Destruição de uma célula causada pela ruptura de membranas lisossômicas em seu citoplasma.
Automaticidade: Despolarização espontânea até o limiar, uma característica das células marca-passo cardíacas.
Autópsia: Exame detalhado de um corpo depois da morte, em geral realizado por um patologista.
Autossômico: Cromossomos que não são o X ou o Y, que determinam o sexo genético de um indivíduo.
Avascular: Sem vasos sangüíneos.
Avulsão: Lesão que envolve a separação violenta de tecidos corporais.
Axila: "Sovaco". ver p. 827
Axolema: Membrana celular de um axônio que é contínua com a membrana celular do soma e dos dendritos de um neurônio, sendo distinta de qualquer revestimento de células da glia.
Axônio: Extensão alongada de um neurônio que conduz um potencial de ação para longe do corpo celular e na direção dos terminais sinápticos.
Axônio amielínico: Axônio cujo neurilema não contém mielina subjacente, e onde ocorre condução contínua.
Axoplasma: Citoplasma no interior do axônio.
Babinski, sinal de: Flexão reflexa dos dedos do pé depois do toque da superfície plantar do pé; o reflexo positivo (sinal de Babinski) é normal até a idade de 1,5 ano; depois, o reflexo positivo indica lesão nos tratos descendentes.
Baço: Órgão linfático importante para a fagocitose de glóbulos vermelhos do sangue, resposta imunológica e produção de linfócitos.
Bactérias: microrganismos unicelulares, alguns patogênicos, comuns no ambiente.
Barocepção: Capacidade de detectar alterações da pressão.
Baroceptores: Receptores responsáveis pela barocepção.
Barreira hemato-encefálica: Isolamento do SNC da circulação geral; resultado primariamente da regulação da permeabilidade capilar dos astrócitos.
Barreira hematotesticular: Isolamento dos túbulos seminíferos da circulação geral, devido às atividades das células de sustentação (de Sertoli).
Base: Composto cuja dissociação libera um íon hidróxido (OH^-) ou remove um hidrogênio da solução.

GLOSSÁRIO

Basófilos: Granulócitos circulantes (glóbulos brancos) de tamanho e função similar aos mastócitos teciduais.
Bastonete: Fotoceptor responsável pela visão em condições de pouca iluminação.
Benigno: Não-maligno.
Bexiga: Saco muscular que se distende conforme um líquido é armazenado e cuja contração ejeta esse líquido em um momento apropriado; essa palavra isolada normalmente se refere à bexiga urinária.
Bexiga automática: Micção reflexa depois de estimulação de receptores de estiramento na parede da bexiga urinária; verificada em pacientes que perderam o controle motor da parte inferior do corpo.
Bexiga urinária: Saco muscular distensível que armazena urina antes da micção.
Bifurcado: Ramificado em duas partes.
Bigorna: Ossículo da audição central, situado entre o martelo e o estribo na cavidade da orelha média.
Bile: Secreção exócrina do fígado que é armazenada na vesícula biliar e lançada no duodeno.
Bilirrubina: Pigmento vermelho, produto de catabolismo da hemoglobina.
Biópsia: Remoção de uma pequena amostra de tecido para análise patológica.
Blastocele: Cavidade cheia de líquido dentro de um blastocisto.
Blastocisto: Estágio inicial do embrião em desenvolvimento, que consiste em um trofoblasto externo e uma massa celular interna.
Blastodisco: Estágio tardio do desenvolvimento da massa celular interna; inclui as células que formarão o embrião.
Blastômero: Uma das células na mórula; coleção de células produzidas pela divisão do zigoto.
Bloqueio cardíaco: Arritmia cardíaca causada pela demora na condução dos impulsos que afeta a comunicação entre os átrios e os ventrículos.
Bloqueio extradural (epidural): Anestesia causada pela eliminação dos impulsos nervosos sensitivos pelas raízes posteriores dos nervos espinais depois da introdução de fármacos nas regiões apropriadas do espaço extradural (epidural).
Bócio: Hipertrofia da glândula tireóide.
Bolo alimentar: Massa compacta; em geral, refere-se a material ingerido compactado em seu caminho para o estômago.
Bolsa sinovial: Pequeno saco cheio de sinóvia (líquido sinovial) que acolchoa as estruturas adjacentes e reduz o atrito.
"Bomba" toracoabdominal: Mudanças nas pressões intrapleurais durante o ciclo respiratório para auxiliar o retorno venoso para o coração.
Botão terminal: Estrutura encontrada onde um neurônio faz sinapse com outro. Também denominado *botão sináptico.*
Bradicardia: Freqüência cardíaca anormalmente lenta.
Braquial: Pertencente ao braço.
Broca, área de: O centro da fala no cérebro, em geral é dominante no córtex do hemisfério cerebral esquerdo.
Broncoscópio: Instrumento de fibra óptica usado para examinar as vias bronquiais.
Brônquio: Um dos ramos da árvore bronquial entre a traquéia e os bronquíolos.
Bronquite: Inflamação da árvore bronquial.
Bulbar: Pertencente ao bulbo.
Bulbo: A mais inferior das cinco regiões do encéfalo, também conhecida como **mielencéfalo**.
Bulbo olfatório: Estrutura olfatória dilatada localizada inferiormente ao lobo frontal do cérebro.
Bursectomia: Remoção cirúrgica de uma bolsa sinovial inflamada.
Bursite: Inflamação dolorosa de uma ou mais bolsas sinoviais.
Câibra: Dor e rigidez em músculo distendido, em geral comprometendo o grupo do músculo quadríceps femoral.
Calázio: Inflamação e distensão da glândula tarsal (meibomiana) na pálpebra; também chamado de hordéolo.
Calcâneo: Osso do calcanhar, o maior dos ossos tarsais.
Calcificação: Deposição de sais de cálcio no interior de um tecido.
Calcitonina: Hormônio secretado por células tireotrópicas ou células C da glândula tireóide quando as concentrações de íons cálcio estão anormalmente altas; restaura a homeostase aumentando a velocidade de deposição óssea e de perda de cálcio renal, e inibindo a captação de cálcio no trato digestório.
Cálculo: Concreções formadas por materiais insolúveis que se encontram nos líquidos corporais, em especial vesícula biliar, rins ou bexiga urinária.
Cálice: Divisão da pelve renal, em forma de taça.
Calo: Espessamento localizado da epiderme provocado por tensões mecânicas crônicas; área espessada que se forma no local de fratura de osso, como parte do processo de consolidação.
Calvária: abóbada craniana, formada pelos ossos frontal, parietais e occipital.
Camada osteogênica: A camada celular mais interna no periósteo que participa do crescimento e do reparo ósseo.
Campo receptor: Área monitorada por um único receptor (terminação nervosa sensitiva).
Canal anal: Porção distal ao reto que contém as colunas anais e termina no ânus.
Canal central: Canal longitudinal no centro da osteona que contém vasos sangüíneos e nervos, também denominado canal de Havers; cavidade ao longo da medula espinal que contém líquido cerebrospinal.
Canal inguinal: Passagem através da parede abdominal que marca o caminho da descida testicular, e que contém a artéria e veia testiculares e o ducto deferente.
Canal perfurante*: Passagem na substância óssea compacta que faz trajeto em ângulo reto até o canal central da osteona, entre o periósteo e endósteo.
Canal vertebral: Passagem que engloba a medula espinal, um túnel limitado pelos arcos das vértebras adjacentes.
Canalículos: Passagens microscópicas entre células; os canalículos bilíferos intra-hepáticos transportam bile para os ductos bilíferos extra-hepáticos; no osso, os canalículos permitem a difusão de nutrientes e resíduos para dentro e fora dos osteócitos.
Câncer: Tumor maligno que tende a produzir metástase.
Câncer maligno: Forma de câncer caracterizada pelo rápido crescimento celular e pela disseminação das células cancerosas por todo o corpo.
Cancro: Lesão cutânea que se desenvolve no local primário de infecção sifilítica.
Caninos: Dentes cônicos com ponta aguda, situados nas maxilas e mandíbula, em ambos os lados, depois dos incisivos laterais.
Cânula: Tubo que pode ser introduzido no corpo; em geral, é colocado em vasos sangüíneos antes de transfusão ou diálise.
Capacidade vital: Quantidade máxima de ar que pode ser movido para dentro e para fora do sistema respiratório; soma da reserva inspiratória, da reserva expiratória e do volume corrente.
Capacitação: Processo de ativação que precisa ocorrer antes que um espermatozóide possa fertilizar um óvulo; ocorre na vagina depois da ejaculação.

* N. de R. T.: Alguns autores utilizam os seguintes epônimos para os canais referidos: canal perfurante é o de Volkmann, e canal central é o de Havers.

Capilares: Pequenos vasos sangüíneos, interpostos entre arteríolas e vênulas, cujas paredes delgadas permitem a difusão de gases, nutrientes e resíduos entre o plasma e os líquidos intersticiais.
Capilares peritubulares: Rede de vasos capilares que circunda os túbulos contorcidos proximais e distais dos rins.
Capítulo: Termo geral para um processo articular elevado e pequeno; usado para designar a superfície distal arredondada do úmero, que se articula com a cabeça do rádio.
Cápsula articular: Lâmina de tecido conectivo denso rico em fibras colágenas que circunda uma articulação, proporcionando proteção e estabilização.
Cápsula glomerular: Porção inicial expandida do néfron que circunda o glomérulo renal.
Cápsula interna: Termo dado à parte de substância branca dos hemisférios cerebrais que é vista na dissecação macroscópica do encéfalo.
Características sexuais secundárias: Características físicas que aparecem na puberdade em resposta aos hormônios sexuais, mas não estão envolvidas na produção de gametas.
Carboidrase: Enzima que degrada moléculas de carboidrato.
Carboidrato: Composto orgânico que contém carbono, hidrogênio e oxigênio em uma razão que se aproxima de 1:2:1.
Carboxipeptidase: Protease que degrada proteínas e libera aminoácidos.
Carcinogênico: Fator estimulador do câncer em tecidos afetados.
Cárdia: Área do estômago que circunda sua conexão com o esôfago.
Cardíaco: Pertencente ao coração.
Cardiócito: Célula muscular cardíaca.
Cardiomiopatia: Doença progressiva caracterizada pela lesão do tecido muscular cardíaco.
Cardiovascular: Pertencente ao coração, ao sangue e aos vasos sangüíneos.
Carina da traquéia: Crista na superfície interna da bifurcação da traquéia que faz trajeto ântero-posterior, entre os dois brônquios principais.
Cariotipagem: Determinação das características cromossômicas de um indivíduo ou de uma célula.
Caroteno: Pigmento amarelo-alaranjado encontrado nas cenouras e nas folhas de vegetais verdes e laranja; composto que o corpo pode converter em vitamina A.
Carpo: O "punho".
Cartilagem: Tecido conectivo com matriz gelatinosa e abundância de fibras.
Cartilagem articular: Camada de cartilagem hialina que cobre a superfície de um osso no interior de uma cavidade articular.
Cartilagem cricóidea: Cartilagem em forma de anel que forma a margem inferior da laringe.
Cartilagem epifisial: Região cartilagínea entre a epífise e a diáfise de um osso longo em crescimento.
Cartilagem fibrosa: Cartilagem que contém fibras colágenas em abundância; encontrada em torno das margens articulares, nos discos intervertebrais, meniscos do joelho, etc. Também denominada *fibrocartilagem.*
Cartilagem hialina: Tipo mais comum de cartilagem; a matriz contém fibras colágenas. São exemplos as conexões entre as costelas e o esterno, as cartilagens da traquéia e dos brônquios e as cartilagens articulares.
Cartilagem traqueal: Cartilagem de sustentação em forma de C da traquéia.
Cartilagens aritenóideas: Um par de pequenas cartilagens na laringe.
Cartilagens corniculadas: Par de pequenas cartilagens da laringe.

Cartilagens cuneiformes: Par de pequenas cartilagens da laringe.

Castração: Remoção dos testículos, também chamada de orquiectomia bilateral.

Catabolismo: Degradação de moléculas orgânicas complexas em componentes simples, acompanhada pela liberação de energia.

Catarata: Redução da transparência da lente que causa deficiência visual.

Catecolaminas: Adrenalina (epinefrina), noradrenalina (norepinefrina) e compostos relacionados.

Cateter: Instrumento cirúrgico; tubo introduzido em uma cavidade corporal ou em um vaso sangüíneo ou via de excreção para coleta de líquidos corporais, monitoração da pressão ou introdução de medicamentos ou corantes para radiografia.

Cauda eqüina: Raízes nervosas espinais distais à extremidade da medula espinal do adulto; estendem-se no interior do canal vertebral em seu trajeto para as partes lombar, sacral e coccígea da coluna vertebral.

Caudal: Mais perto ou na direção da cauda (cóccix).

Cavidade abdominopélvica: Porção da cavidade anterior do corpo que contém as subdivisões abdominal e pélvica.

Cavidade articular: Câmara cheia de líquido (sinóvia) em articulação sinovial.

Cavidade do pericárdio: Espaço entre a lâmina parietal e a lâmina visceral (epicárdio) do pericárdio seroso, que reveste a superfície externa do coração.

Cavidade glenoidal: Depressão arredondada que forma a face articular da escápula na articulação do ombro.

Cavidade medular: Espaço no interior de um osso, que contém a medula óssea.

Cavidade nasal: Câmara na cabeça limitada anteriormente pelas narinas e posteriormente pelos cóanos.

Cavidade pélvica: Subdivisão inferior da cavidade abdominopélvica; contém a bexiga urinária, o colo sigmóide, o reto e órgãos genitais masculinos ou femininos.

Cavidade peritoneal: Cavidade delimitada pelo peritônio, entre suas lâminas parietal e visceral, no interior da cavidade abdominopélvica.

Cavidade pulpar: Câmara interna de um dente, que contém vasos sangüíneos e linfáticos, nervos e as células que mantêm a dentina.

Cavidades pleurais: Cavidades delimitadas pelas pleuras direita e esquerda, entre as correspondentes lâminas parietal e visceral, no interior da cavidade torácica.

Ceco: Bolsa expandida em fundo cego no início do intestino grosso.

Cefálico: Pertencente à cabeça.

Celoma: Cavidade anterior do corpo, revestida por túnica serosa que a subdivide durante o desenvolvimento em cavidades pleural, do pericárdio e peritoneal.

Célula: Menor unidade viva no corpo humano.

Célula caliciforme: Glândula unicelular em forma de cálice, produtora de muco e encontrada em certos epitélios do trato digestório.

Célula de sustentação: Células ligadas à lâmina basal da cápsula do túbulo seminífero. Durante a espermatogênese, as espermátides em desenvolvimento são incrustadas no interior do citoplasma dessas células. Também denominada *célula de Sertoli.*

Célula delta: Célula da ilhota pancreática que secreta somatostatina.

Célula mucosa: Glândula unicelular produtora de muco, encontrada em certos epitélios do sistema respiratório.

Célula parietal: Célula das glândulas gástricas que secretam HCl e fator intrínseco.

Célula serosa: Célula que produz secreção aquosa contendo altas concentrações de enzimas.

Células alfa: Células nas ilhotas pancreáticas que secretam glucagon.

Células amácrinas: Neurônios modificados na retina que facilitam ou inibem a comunicação entre células bipolares e ganglionares.

Células B: Linfócitos responsáveis pela produção de anticorpos depois de sua conversão para plasmócitos.

Células beta: Células das ilhotas pancreáticas que secretam insulina em resposta às concentrações elevadas de açúcar no sangue.

Células ciliadas: Células sensoriais da orelha interna.

Células da glia: Células de sustentação do tecido nervoso do SNC e do SNP.

Células de sustentação (de Sertoli): Células de apoio dos túbulos seminíferos dos testículos, responsáveis pela diferenciação de espermátides, pela manutenção da barreira hematotesticular e pela secreção de inibina.

Células enteroendócrinas: Células endócrinas difundidas entre as células epiteliais que revestem o trato digestório.

Células justaglomerulares: Células de músculo liso modificadas nas paredes de arteríolas glomerulares aferentes e eferentes adjacentes ao glomérulo renal e à mácula densa.

Células marca-passo (auto-excitáveis): Células do nó SA que determinam o ritmo da contração cardíaca.

Células mastóides: Espaços cheios de ar no processo mastóide do osso temporal.

Células NK (células "natural killer"): Linfócitos responsáveis pela vigilância imunológica e detecção e destruição de células cancerosas.

Células osteoprogenitoras: Células-tronco que dão origem a osteoblastos.

Células T auxiliadoras: Linfócitos (células T) cujas secreções e outras atividades coordenam as respostas imunológicas celulares e humorais.

Células T citotóxicas: Linfócitos da resposta imunológica celular que matam as células-alvo por meio de contato direto ou secreção de linfotoxina: também chamadas de células T *killer*.

Células T supressoras: Linfócitos que inibem a ativação de célula B e a secreção de anticorpos pelo plasmócito.

Células T: Linfócitos responsáveis pela imunidade celular e pela coordenação e regulação da resposta imunológica; incluem células T reguladoras (auxiliadoras e supressoras) e células T citotóxicas (*killer*).

Células-filhas: Células geneticamente idênticas produzidas por mitose.

Células-tronco pluripotenciais: Células-tronco que, por fim, dão origem a todas as células sangüíneas. Também denominadas *hemocitoblastos.*

Celulite: Inflamação difusa, em geral envolvendo áreas de tecido conectivo frouxo, como a tela subcutânea.

Cemento: Material ósseo que reveste a raiz dos dentes, não envolto por uma camada de esmalte**.**

Centríolo: Organela intracelular cilíndrica composta de nove grupos de microtúbulos, três em cada grupo; funciona na mitose ou na meiose formando a base do fuso mitótico.

Centro (área) bulbar do ritmo: Neurônios no bulbo que determinam o ritmo da respiração; inclui centros inspiratórios e expiratórios.

Centro apnêustico: Centro respiratório cuja ativação crônica pode levar à apnéia na inspiração completa.

Centro de ossificação: Local em um tecido conectivo onde começa a formação de osso.

Centro pneumotáxico: Centro na formação reticular da ponte que regula as atividades do centro apnêustico e da área bulbar do ritmo para ajustar o ritmo da respiração.

Centro vasomotor: Centro bulbar cuja estimulação produz vasoconstrição e elevação da resistência periférica.

Centrômero: Região localizada onde duas cromátides-irmãs permanecem conectadas depois da replicação do cromossomo; local de ligação da fibra do fuso.

Centros cardiovasculares: Centros de localização na formação reticular do bulbo no encéfalo; inclui centros cardioexcitadores, cardioinibidores e vasomotores.

Centros germinativos: Regiões pálidas no interior de tecidos linfáticos ou linfonodos, onde as mitoses estão ocorrendo.

Centrossomo: Região do citoplasma que contém um par de centríolos orientados em ângulos retos entre si.

Cerebelo: Porção posterior do metencéfalo, que contém os hemisférios cerebelares; inclui a "árvore da vida", os núcleos e o córtex do cerebelo.

Cérebro: A maior porção do encéfalo, composto pelos hemisférios cerebrais; inclui o córtex cerebral, os núcleos da base e a cápsula interna.

Cerume: Secreção serosa de glândulas do tegumento ao longo do meato acústico externo.

Cesariana: Procedimento cirúrgico para nascimento de um lactente, por meio de incisão na parte inferior da parede abdominal e no útero.

Cianose: Coloração azulada da pele em função da presença de sangue desoxigenado nos vasos próximos da superfície corporal.

Ciática: Dor que resulta da compressão das raízes do nervo isquiático.

Ciclo cardíaco: Um batimento cardíaco completo, que inclui sístole e diástole atrial e ventricular.

Ciclo menstrual: *Ver* **Ciclo uterino**.

Ciclo ovárico: Ciclo mensal de desenvolvimento de gameta nos ovários, associado com alterações cíclicas da produção de hormônios sexuais (estrógenos e progestinas).

Ciclo uterino (menstrual): Alterações cíclicas do revestimento uterino que ocorrem nas mulheres em idade reprodutiva. Cada ciclo uterino, que ocorre em resposta aos hormônios circulantes (*ver* **Ciclo ovárico**), dura 21 a 35 dias.

Cifose: Curvatura torácica exagerada.

Cílio: Estrutura fina que se estende acima da superfície livre de uma célula epitelial e, em geral, é submetida a ciclos de movimento; composto por um corpo basal e microtúbulos em um arranjo 9 x 2.

Cimento intercelular: Proteoglicanos que contêm o ácido hialurônico polissacarídico, encontrados entre as células epiteliais adjacentes.

Circulação êntero-hepática: Excreção de sais biliares pelo fígado, seguida por absorção desses sais biliares pelas células intestinais para retorno ao fígado através da veia porta do fígado.

Circulação pulmonar: Circulação entre a valva do tronco pulmonar do ventrículo direito e as veias pulmonares do átrio esquerdo; a circulação sangüínea através dos pulmões.

Circulação sistêmica: Vasos no trajeto entre a valva da aorta e a entrada para o átrio direito; o sistema circulatório, exceto os vasos da circulação pulmonar.

Circundução: Movimento na articulação sinovial no qual a extremidade distal do osso descreve um círculo, mas seu corpo (diáfise) não roda.

Cirrose: Distúrbio hepático caracterizado pela degeneração de hepatócitos e sua substituição por tecido conectivo fibroso.

Cisterna: Câmara expandida.

Cistite: Inflamação da bexiga urinária.

Cisto: Cápsula fibrosa que contém líquido ou outro material.

Citocinese: Movimento citoplasmático que separa duas células-filhas ao término da mitose.

Citoesqueleto: Rede de microtúbulos e microfilamentos no citoplasma.

Citologia: Estudo das células.

Citoplasma: Material entre a membrana celular e a membrana nuclear.

Citosol: Porção líquida do citoplasma.

Citotóxico: Tóxico para as células vivas.
Climatério: Cessação da gametogênese relacionada à idade, nos homens ou nas mulheres devido à produção reduzida de hormônio sexual.
Clitóris: Pequeno órgão erétil que é o equivalente em termos de desenvolvimento ao pênis masculino.
Clivagem: Divisões mitóticas que se seguem à fertilização do óvulo e levam à formação de um blastocisto.
Clone: Produção de células geneticamente idênticas.
Clono: Ciclos rápidos de contração e relaxamento muscular.
Co-fatores: Íons ou moléculas que precisam ser ligados ao local ativo antes que uma enzima possa funcionar; os exemplos incluem íons minerais e várias vitaminas.
Co-transporte: Transporte de membrana de um nutriente, como glicose, em companhia do movimento de um íon, em geral, sódio; o transporte precisa de uma proteína transportadora, mas não envolve gasto direto de ATP e pode ocorrer independentemente do gradiente de concentração do nutriente.
Coágulo: Rede de fibras de fibrina e células sangüíneas aprisionadas; também chamado de trombo.
Coágulo sangüíneo: Rede de fibras de fibrina e células sangüíneas aprisionadas.
Cóanos: Aberturas que comunicam a cavidade nasal com a parte nasal da faringe.
Cóccix: Porção terminal da coluna vertebral, que consiste em vértebras fundidas relativamente pequenas.
Cóclea: Porção espiral do labirinto ósseo da orelha interna, que circunda o órgão espiral da audição.
Códon: Seqüência de três bases de nitrogênio ao longo de uma fita de RNAm que especificará a localização de um único aminoácido em uma cadeia peptídica.
Coenzimas: Co-fatores orgânicos complexos, em geral, estruturalmente relacionados a vitaminas.
Colágeno: Fibra protéica insolúvel e forte, comum nos tecidos conectivos.
Colecistite: Inflamação da vesícula biliar.
Colecistoquinina (CCQ/CCK): Hormônio duodenal que estimula a contração da vesícula biliar e a secreção de enzimas pelo pâncreas exócrino; também chamada de *pancreozimina.*
Colectomia: Remoção cirúrgica de parte ou de todo o colo.
Colelitíase: Formação ou presença de cálculos biliares.
Colesterol: Componente esteróide de membranas celulares e substrato para a síntese de hormônios esteróides e sais biliares.
Cólículo: Pequena colina; no encéfalo, usado para se referir a um dos espessamentos no teto do mesencéfalo; o cólículo superior está associado com o sistema visual, e o cólículo inferior, com o sistema auditivo.
Colina: Composto químico; produto da degradação ou precursor de acetilcolina.
Colinesterase: Enzima que degrada e inativa ACh.
Colite: Inflamação do colo.
Colles, fratura de: Fratura da extremidade distal do rádio e, possivelmente, da ulna, com deslocamento posterior dos fragmentos distais do osso.
Colo do útero: A parte inferior do útero.
Colo sigmóide: A parte de aproximadamente 20 cm em forma de S do colo entre o colo descendente e o reto.
Colo: Parte do intestino grosso.
Colonoscópio: Dispositivo de fibra óptica para examinar o interior do colo.
Colostomia: Conexão cirúrgica de uma porção do colo à parede do corpo, às vezes realizada depois de colectomia para permitir a saída do material fecal.
Colostro: Secreção das glândulas mamárias no momento do nascimento e depois de alguns dias; contém mais proteína e menos gordura do que o leite secretado posteriormente.
Coluna vertebral: Vértebras cervicais, torácicas e lombares, o sacro e o cóccix.
Colunas anais: Pregas longitudinais nas paredes do canal anal.
Coma: Estado de inconsciência do qual o indivíduo não pode ser despertado, mesmo com estímulos fortes.
Comedão: Glândula sebácea inflamada.
Cominutivo: Quebrado ou esmagado em pequenos pedaços.
Comissura: Cruzamento de um lado para o outro.
Complacência: A capacidade de certos órgãos de tolerar alterações de volume; propriedade que reflete a presença de fibras elásticas e músculo liso.
Complemento: Onze proteínas plasmáticas que interagem em uma reação em cadeia depois da exposição a anticorpos ativados nas superfícies de certos patógenos, e que promovem a lise celular, a fagocitose e outros mecanismos de defesa.
Complexo justaglomerular ou aparelho justaglomerular: Mácula densa, mesangial, e células justaglomerulares; complexo responsável pela liberação de renina e eritropoetina.
Complexo relacionado com a AIDS (CRA): Sintomas iniciais da infecção por HIV, que consistem principalmente em linfadenopatia, febre e infecções não-fatais crônicas.
Composto: Molécula que contém dois ou mais elementos em combinação.
Composto orgânico: Composto que contém carbono, hidrogênio e, em geral, oxigênio.
Concentração: Quantidade (em gramas) ou número de átomos, íons ou moléculas (em moles) por unidade de volume.
Concepção: Fertilização.
Concha: Três pares de ossos delgados de aparência curvada que se projetam nas cavidades nasais; as conchas superior e média fazem parte do etmóide, e as conchas inferiores são ossos distintos.
Concussão (traumatismo cranioencefálico): Choque ou batida violenta; perda de consciência devido a um choque violento na cabeça.
Côndilo: Projeção articular arredondada na superfície de um osso.
Condrócito: Célula de cartilagem.
Condução saltatória: Condução relativamente rápida de um impulso nervoso entre nós de Ranvier sucessivos no axônio mielínico.
Cone: Fotoceptor retiniano responsável pela visão de cores.
Cone de implantação: Porção proximal do axônio, adjacente à proeminência axônica, onde um potencial de ação aparece pela primeira vez.
Cone de implantação axônica: Porção do corpo celular do neurônio adjacente ao segmento inicial do axônio.
Cone medular: Extremidade cônica da medula espinal que dá origem ao filamento terminal.
Congênito: Já presente ao nascimento de um indivíduo.
Conjuntiva: Camada de epitélio escamoso estratificado que cobre as superfícies internas das pálpebras e a superfície anterior do olho até as margens da córnea.
Conjuntivite: Inflamação da túnica conjuntiva.
Contagem diferencial: Determinação da abundância relativa de cada tipo de célula sangüínea, baseada em amostragem aleatória de 100 glóbulos brancos.
Contração isométrica: Contração muscular caracterizada pela elevação da produção de tensão, porém sem mudança de comprimento.
Contração isotônica: Contração muscular durante a qual a tensão sobe e permanece estável conforme o músculo encurta.
Contração tetânica: Contração de músculo esquelético sustentada devido à estimulação repetitiva em freqüência que impede o relaxamento muscular.
Contratilidade: Capacidade de contrair que possuem as células dos músculos esquelético, liso e cardíaco.
Contratura: Contração permanente de um músculo inteiro depois da atrofia de células musculares isoladas.
Convergência: No sistema nervoso, a inervação a partir de um único neurônio que apresenta sinapses com axônios de vários neurônios; isso é mais comum ao longo das vias motoras.
Cordão umbilical: Haste conectora entre o feto e a placenta; contém a alantóide, as artérias umbilicais e a veia umbilical.
Cordas tendíneas: Cordões fibrosos que fixam as valvas AV no coração, estabilizando sua posição e evitando o fluxo retrógrado durante a sístole ventricular.
Cori, ciclo de: Troca metabólica de ácido láctico do músculo esquelético por glicose do fígado; realizado durante o período de recuperação depois de exercício muscular.
Cório: Membrana extra-embrionária, composta de trofoblasto e mesoderma subjacente, que forma a placenta.
Corióide: Túnica vascular média do bulbo do olho.
Córnea: Porção transparente da túnica fibrosa na superfície anterior do bulbo do olho.
Cornificação: Produção de queratina pelo epitélio escamoso estratificado; também chamada de **queratinização**.
Coroa radiada: Camada de células foliculares que circundam um oócito na ovulação.
Coronóide: Em forma de gancho ou curvo.
Corpo albicante: Tecido cicatricial que permanece depois da degeneração do corpo lúteo no final do ciclo uterino.
Corpo amigdalóide: Núcleo da base que é um componente do sistema límbico e atua como uma interface entre este sistema, o cérebro e os sistemas sensoriais.
Corpo caloso: Feixe de axônios que ligam centros nos hemisférios cerebrais esquerdo e direito.
Corpo cavernoso: Massas de tecido erétil no interior do corpo do pênis (homem) ou clitóris (mulher).
Corpo ciliar: Região espessada da corióide que circunda a lente do bulbo do olho; inclui o músculo ciliar e os processos ciliares que sustentam os "ligamentos suspensores da lente".
Corpo esponjoso: Massa de tecido erétil que circunda a uretra no pênis e se expande distalmente para formar a glande.
Corpo lúteo: Massa de células foliculares que se desenvolve no ovário depois da ovulação, e que secreta progestina.
Corpo polar: "Pacote" não-funcional de citoplasma que contém cromossomos eliminados de um oócito durante a meiose.
Corpo vertebral: Grande massa óssea da vértebra.
Corpo vítreo: Massa gelatinosa na câmara postrema (vítrea) do bulbo do olho.
Corpos cetônicos: Cetoácidos produzidos durante o catabolismo de lipídeos e aminoácidos cetogênicos, especificamente acetona, acetoacetato e beta-hidroxibutirato.
Corpos mamilares: Estruturas no hipotálamo, relacionados com os reflexos e comportamentos de alimentação; componente do sistema límbico.
Corpúsculo lamelado: Receptor sensível à vibração; também chamado de *Corpúsculo de Pacini.*
Corpúsculo renal: Porção inicial do néfron, que consiste em uma câmara expandida que envolve o glomérulo renal.
Corpúsculos táteis: Receptores do tato localizados no interior das papilas dérmicas adjacentes à membrana basal da epiderme; também chamados de *corpúsculos de Meissner.*

Corpúsculos tímicos: Agregações de células epiteliais no timo, cujas funções são desconhecidas. Também denominados *corpúsculos de Hassall.*

Córtex: Camada ou porção externa de um órgão.

Córtex cerebral: Área extensa de córtex na superfície dos hemisférios cerebrais.

Córtex da glândula supra-renal: Porção superficial da glândula supra-renal que produz hormônios esteróides.

Córtex neural: Área onde a substância cinzenta é encontrada na superfície do SNC.

Córtex pré-motor: Área de associação motora entre o giro pré-central e a área pré-frontal.

Corti, órgão de: Órgão espiral; receptor complexo no ducto coclear (rampa média) da cóclea que inclui as células ciliadas internas e externas e a membrana tectória; proporciona o sentido da audição.

Corticosteróide: Hormônio esteróide produzido pelo córtex da supra-renal.

Corticosterona: Um dos corticosteróides secretados pela zona fasciculada do córtex da supra-renal; um glicocorticóide.

Corticotropina: *Ver* **Hormônio adrenocorticotrópico (ACTH)**.

Cortisol: Um dos corticosteróides secretados pela zona fasciculada do córtex da supra-renal; um glicocorticóide.

Costelas falsas: Costelas VIII-X, conectadas ao esterno por barras cartilagíneas compartilhadas.

Costelas verdadeiras: Costelas I-VII, conectadas ao esterno por barras cartilagíneas individuais (cartilagens costais).

Craniano: Pertencente à cabeça.

Crânio: Caixa óssea cefálica; os ossos do crânio que protegem o encéfalo.

Cranioestenose: Deformidade causada pelo fechamento prematuro das suturas cranianas.

Creatina: Composto nitrogenado sintetizado no corpo que pode ligar-se a um fosfato altamente energético e servir como reserva de energia.

Creatina fosfato: Composto de alta energia presente nas células musculares; durante a atividade muscular, o grupo fosfato é doado para a ADP, regenerando ATP.

Creatinina: Produto de degradação do metabolismo da creatina.

Crenação: Retração celular provocada por um movimento osmótico da água para fora do citoplasma.

Crescimento aposicional: Aumento por adição de matriz cartilagínea ou óssea à superfície externa.

Crescimento intersticial: Forma de crescimento cartilagíneo por meio de crescimento, mitose e secreção de condrócitos no interior da matriz.

Criptorquidismo: Falha na descida dos testículos para o canal inguinal durante o final do desenvolvimento fetal.

Crise isquêmica transitória: Perda temporária da consciência causada pela oclusão de um pequeno vaso sangüíneo no encéfalo.

Crista ampular: Coleção de forma estriada de células ciliadas na ampola de um ducto semicircular; a crista e a cúpula ampulares formam um receptor sensitivo complexo para o movimento do líquido ao longo do plano do ducto.

Cromátide: Uma cópia completa de fita de DNA.

Cromatina: Termo histológico que se refere ao material granular visível nos núcleos das células durante a interfase; aparência do conteúdo de DNA do núcleo quando os cromossomos estão desenrolados.

Cromossomo Y: Cromossomo sexual cuja presença indica que o indivíduo é do gênero masculino.

Cromossomos: Estruturas densas, compostas por fitas de DNA firmemente enroladas e histonas associadas, que se tornam visíveis no núcleo quando uma célula se prepara para se submeter à mitose ou à meiose; as células somáticas humanas normais contêm 46 cromossomos cada uma.

Cromossomos homólogos: Membros de um par de cromossomos, cada um contendo os mesmos locais de genes.

Crônico: Habitual ou prolongado.

Cúpula ampular: Massa gelatinosa no interior da ampola de um ducto semicircular na orelha interna, cujo movimento estimula as células ciliadas da crista ampular.

Curvaturas de compensação: As curvaturas cervical e lombar que se desenvolvem para equilibrar o peso corporal sobre os membros inferiores.

Cushing, síndrome de: Doença causada por hipersecreção de esteróides pelas glândulas supra-renais.

Cutícula: Camada de células cornificadas e mortas que circundam a haste do pêlo; para as unhas, *ver* **Eponíquio**.

Cútis: A pele.

Débito cardíaco: Quantidade de sangue ejetada pelo ventrículo a cada minuto; normalmente cerca de 5 litros.

Decúbito dorsal: Deitar com a face para cima e o dorso encostado na cama ou maca.

Decussação: Cruzamento em X para o lado oposto, em geral referindo-se ao cruzamento dos tratos corticospinais na superfície anterior do bulbo.

Defecação: Eliminação de fezes.

Degeneração de Waller (walleriana): Desintegração de um axônio e sua bainha de mielina distal a um local de lesão.

Deglutição: Ato de engolir.

Demência: Perda das capacidades mentais.

Dendrito: Processo arboriforme de um neurônio.

Dentina: Material semelhante ao osso que forma o corpo de um dente; difere do osso porque não tem osteócitos e osteonas.

Depressão: Movimento inferior (para baixo) de uma parte do corpo; abaixamento.

Dermatite: Inflamação da pele.

Dermátomo: Região sensitiva da pele monitorada pela raiz posterior de um único segmento espinal.

Derme: Camada de tecido conectivo abaixo da epiderme da pele.

Descerebrado: Que não tem cérebro.

Desenvolvimento: Crescimento e aquisição de complexidade estrutural e funcional; inclui o período da concepção até a maturidade.

Desmielinização: Perda da bainha de mielina de um axônio, em geral devido a dano químico ou físico nas células de Schwann ou oligodendrócitos.

Desmossomo: Junção celular que consiste em uma fina camada de proteoglicano reforçada por uma rede de filamentos intermediários que mantém as duas células juntas.

Despolarização: Mudança no potencial de membrana que se move de um valor negativo para 0 milivolts (mV).

Desvio de cloreto: Movimento dos íons cloreto do plasma para os eritrócitos na troca por íons bicarbonato gerados pela dissociação intracelular de ácido carbônico.

Detumescência: Perda da ereção do pênis no homem.

Diabete insípido: Causa poliúria devido à produção inadequada de ADH.

Diabete melito: Causa poliúria e glicosúria, que se devem, com mais freqüência, à produção inadequada de insulina com elevação resultante do nível de glicose sangüínea.

Diáfise: O corpo de um osso longo.

Diafragma: Qualquer divisória muscular; em geral usado para referir-se ao músculo respiratório que separa a cavidade torácica da cavidade abdominopélvica.

Diálise: Difusão entre duas soluções de concentrações distintas de soluto através de membrana semipermeável contendo poros que permitem a passagem de certos solutos e não de outros.

Diapedese: Movimento dos glóbulos brancos do sangue através das paredes dos vasos sangüíneos por migração entre células endoteliais adjacentes.

Diarréia: Defecação anormalmente freqüente, associada com a produção de fezes notadamente líquidas.

Diartrose: Articulação sinovial.

Diástole: Período de relaxamento muscular; pode referir-se aos átrios ou aos ventrículos.

Diencéfalo: Parte do encéfalo que inclui epitálamo, tálamo e hipotálamo.

Diferenciação: Aparecimento gradual de especializações celulares características durante o desenvolvimento, como resultado de ativação ou repressão gênica.

Difusão: Movimento molecular passivo de uma área de concentração relativamente alta para uma área de concentração relativamente baixa.

Difusão facilitada: Movimento passivo de uma substância através da membrana celular, via transportador protéico.

Digestão: Degradação química de materiais ingeridos em moléculas simples, que podem ser absorvidas pelas células do trato digestório.

Dilatar: Aumentar em diâmetro; crescer ou expandir.

Dióxido de carbono: CO_2, composto produzido pelas reações de descarboxilação e glicólise aeróbica.

Díploe: Camada de substância esponjosa entre as lâminas compostas interna e externa de um osso plano.

Disco intercalado: Interconexões entre cardiócitos adjacentes e onde as junções comunicantes permitem o acoplamento elétrico entre as células.

Disco intervertebral: Placa de cartilagem fibrosa entre os corpos vertebrais sucessivos que age como amortecedor de choque.

Discos táteis: Terminações nervosas sensitivas que entram em contato com receptores especiais chamados de células de Merkel, localizados no interior das camadas mais profundas da epiderme; também chamados de *discos de Merkel.*

Dislexia: Falta de capacidade de compreender as palavras escritas.

Dismenorréia: Menstruação dolorosa.

Distal: Movimento para longe do ponto de origem; para um membro, distante de sua ligação ao tronco.

Disúria: Micção dolorosa.

Diurese: Perda de líquido pelos rins; produção de urina.

Divergência: No tecido nervoso, difusão da excitação de um neurônio para muitos outros neurônios; padrão de organização comum ao longo das vias sensitivas do SNC.

Diverticulite: Inflamação de um divertículo.

Divertículo: Saco ou bolsa na parede dos colos no intestino grosso ou de outro órgão.

Diverticulose: Formação de divertículos.

Divisão craniossacral: *Ver* **Parte parassimpática**.

Divisão equacional: A segunda divisão meiótica.

Divisão por redução: Primeira divisão meiótica, que reduz o número de cromossomos de 46 para 23.

Doença psicossomática: Estado fisiológico anormal, de origem psicológica.

Dopamina: Importante neurotransmissor do SNC.

Dorsal: Na direção das costas, posterior.

Down, síndrome de: Anomalia genética que resulta da presença de três cópias do cromossomo 21; os indivíduos com essa afecção apresentam déficits físicos e intelectuais característicos.

Ducto: Tubo de passagem que transporta secreções exócrinas para uma superfície epitelial.

Ducto arterial: Conexão vascular entre o tronco pulmonar e a aorta, que funciona durante toda a vida fetal; normalmente, fecha ao nascimento ou logo após, persistindo como ligamento arterial.
Ducto cístico: Ducto que transporta bile entre a vesícula biliar e o ducto colédoco.
Ducto coclear: Tubo membranáceo no interior da cóclea, que é cheio de endolinfa e contém o órgão espiral (de Corti); também chamado de **rampa média**.
Ducto colédoco: Ducto formado pela união do ducto cístico, da vesícula biliar, com o ducto hepático comum; termina na ampola hepatopancreática, onde encontra o ducto pancreático.
Ducto deferente: Tubo de passagem que transporta espermatozóides do epidídimo para o ducto ejaculatório.
Ducto ejaculatório: Ducto curto que passa no interior da próstata e conecta o ducto deferente com a parte prostática da uretra.
Ducto hepático comum: Ducto que transporta bile para fora dos lobos hepáticos e na direção da união com o ducto cístico.
Ducto lacrimonasal: Passagem que transporta lágrimas do saco lacrimal até a cavidade nasal.
Ducto lactífero: Ducto que drena um lobo da glândula mamária.
Ducto linfático direito: Vaso linfático que transporta linfa do lado direito da cabeça, pescoço e tórax para o sistema venoso, através da veia subclávia direita.
Ducto pancreático: Ducto tubular que transporta suco pancreático do pâncreas para o duodeno.
Ductos semicirculares: Componentes tubulares do labirinto membranáceo responsáveis pelo equilíbrio dinâmico.
Duodeno: Os 30 cm proximais do intestino delgado, que contêm vilosidades curtas e glândulas submucosas.
Dura-máter: Meninge mais externa que circunda o encéfalo e a medula espinal.
Ecocardiografia: Exame do coração usando técnicas de ultra-som modificadas.
Ectoderma: Uma das três camadas germinativas primárias; cobre a superfície do embrião e origina o sistema nervoso, a epiderme e as glândulas associadas, assim como várias outras estruturas.
Ectópico: Fora de sua localização normal.
Eferente: Que se afasta de uma área receptora central.
Efetora: Glândula periférica ou célula muscular inervada por um neurônio motor.
Ejaculação: Ejeção do sêmen pelo pênis em resposta à contração dos músculos bulboesponjoso e isquiocavernoso.
Elastase: Enzima pancreática que quebra as fibras de elastina.
Elastina: Fibras de tecido conectivo que se estiram e voltam ao normal, proporcionando elasticidade aos tecidos conectivos.
Elefantíase: Linfedema causado por infecção e bloqueio dos vasos linfáticos por parasitas transportados por mosquito.
Eletrocardiograma (ECG): Registro gráfico da atividade elétrica do coração, por monitoração em localizações específicas na superfície do corpo.
Eletroencefalograma (EEG): Registro gráfico da atividade elétrica do encéfalo.
Eletrólitos: Compostos inorgânicos solúveis cujos íons conduzem uma corrente elétrica em solução.
Elétron: Uma das três partículas fundamentais; partícula subatômica que tem carga negativa e normalmente orbita em torno de prótons do núcleo.
Elevação: Movimento em direção superior ou para cima.
Embolia: Obstrução ou fechamento de um vaso sangüíneo por um êmbolo.
Êmbolo: Bolha de ar, glóbulo de gordura ou coágulo sangüíneo à deriva na circulação.
Embrião: Estágio de desenvolvimento que começa na fertilização e termina no início do terceiro mês de gestação.
Embriogênese: Processo de formação do embrião.
Embriologia: Estudo do desenvolvimento embrionário, que se concentra nos dois primeiros meses após a fertilização.
Êmese: Vômito.
Emetropia: Visão normal.
Emulsificação: Dissolução física de gorduras no trato digestório, formando gotículas menores acessíveis às enzimas digestivas; normalmente, resultado da mistura de sais biliares.
Encefalinas: Neuromoduladores produzidos no SNC que inibem a atividade ao longo das vias da dor.
Encefalite: Inflamação do encéfalo.
Endocárdio: Epitélio escamoso simples que reveste internamente o coração e guarda continuidade com o endotélio dos grandes vasos.
Endocardite: Inflamação do endocárdio do coração.
Endocitose: O movimento de volumes relativamente grandes de material extracelular para o citoplasma, por meio da formação de uma vesícula membranosa na superfície da célula; inclui pinocitose e fagocitose.
Endoderma: Uma das três camadas germinativas primárias; a camada interna do disco embrionário que dá origem aos epitélios e às glândulas do sistema digestório, sistema respiratório e porções do sistema urinário.
Endógeno: Produzido dentro do corpo.
Endolinfa: Conteúdo líquido do labirinto membranáceo (sáculo, utrículo, ductos semicirculares e ducto coclear) da orelha interna.
Endométrio: Túnica mucosa que reveste o útero.
Endomísio: Delicada rede de fibras de tecido conectivo que circunda cada célula muscular.
Endoneuro: Delicada rede de fibras de tecido conectivo que circunda cada fibra nervosa.
Endorfinas: Neuromoduladores produzidos no SNC que inibem a atividade ao longo das vias da dor.
Endósteo: Revestimento celular incompleto encontrado nas superfícies internas (medulares) dos ossos.
Endotélio: Epitélio escamoso simples que reveste vasos sangüíneos e linfáticos.
Engenharia genética: Pesquisas e experiências que envolvem a manipulação da composição genética de um organismo.
Enterite: Inflamação do trato intestinal.
Enterocinase: Enzima na cavidade do intestino delgado que ativa as pró-enzimas secretadas pelo pâncreas.
Enterocrinina: Hormônio secretado pelo revestimento duodenal quando exposto ao quimo ácido; estimula a secreção das glândulas duodenais.
Entorse: Distorção forçada de uma articulação, que produz dano na cápsula articular, nos ligamentos ou nos tendões, mas sem luxação.
Enzima: Uma proteína que catalisa uma reação bioquímica específica.
Eosinófilo: Granulócito (glóbulo branco) com núcleo lobulado e grânulos de coloração vermelha; participa da resposta imunológica e é especialmente importante durante as reações alérgicas.
Epêndima: Camada de células que reveste os ventrículos e o canal central no SNC.
Epiblasto: Camada de massa celular interna voltada para a cavidade amniótica antes da gastrulação.
Epicárdio: Túnica serosa que cobre a superfície externa do coração; também chamado de *lâmina visceral do pericárdio seroso*.
Epiderme: Epitélio que cobre a superfície da pele.
Epidídimo: Ducto enrolado que conecta a rede do testículo ao ducto deferente; local de amadurecimento funcional dos espermatozóides.
Epífise: Extremidade de um osso longo.
Epiglote: Lâmina de tecido cartilagíneo em forma de folha, que se conecta à superfície posterior e superior da cartilagem tireóidea; dobra-se sobre o ádito (entrada) da laringe durante a deglutição.
Epimísio: Revestimento denso de fibras colágenas que circunda um músculo esquelético e é contínuo com o tendão/aponeurose do músculo e com o perimísio.
Epineuro: Revestimento denso de fibras colágenas que circunda um nervo.
Epistaxe: Sangramento nasal.
Epitélio: Um dos quatro tipos de tecido primário; camada de células que formam uma cobertura superficial ou um revestimento interno de uma cavidade corporal ou vaso.
Epitélio escamoso: Epitélio cujas células superficiais são achatadas e em forma de placa.
Epitélio pseudo-estratificado: Epitélio que contém várias camadas de núcleos, mas cujas células estão todas em contato com a membrana basal subjacente.
Epitélio simples: Epitélio que contém uma única camada de células acima da membrana basal.
Eponíquio: Região estreita de estrato córneo que se estende pela superfície da unha em sua base exposta; também chamado de **cutícula**.
Equilíbrio: Estado dinâmico no qual duas forças ou processos opostos estão em equilíbrio.
Equilíbrio dinâmico: Manutenção da orientação normal do corpo quando ocorrem mudanças repentinas de posição (rotação, aceleração, etc.).
Ereção: Enrijecimento do pênis antes da cópula devido ao ingurgitamento dos tecidos eréteis dos corpos cavernosos e do corpo esponjoso.
Eretor do pêlo: Músculo liso cuja contração causa pilo-ereção.
Eritema: Vermelhidão e inflamação na superfície da pele.
Eritrócito: Glóbulo vermelho do sangue; célula sangüínea anucleada que contém grandes quantidades de hemoglobina.
Eritrocitose: Número anormalmente grande de eritrócitos no sangue circulante.
Eritropoetina (eritropoietina): Hormônio liberado pelos tecidos, especialmente pelos rins, exposto a baixas concentrações de oxigênio; estimula a hematopoiese na medula óssea.
Eritropoiese: Formação de eritrócitos.
Escama: Superfície larga e plana.
Escamoso: Achatado.
Escápula: Osso do ombro.
Escarro: Muco viscoso ejetado da boca depois de transportado para a faringe pela "esteira rolante" de muco do trato respiratório.
Escavação retouterina: Bolsa peritoneal entre a superfície anterior do reto e a superfície posterior do útero.
***Escherichia coli*:** Residente bacteriano normal do intestino grosso.
Esclera: Porção da túnica fibrosa externa do bulbo do olho, que forma a área branca da superfície anterior.
Esclerose: Enrijecimento e espessamento que ocorre com freqüência em decorrência de inflamação tecidual.
Escoliose: Curvatura lateral anormal e exagerada da coluna vertebral.
Escroto: Bolsa larga de pele que envolve os testículos do homem.
Esfíncter: Anel muscular que se contrai para fechar a entrada ou a saída de uma passagem interna.
Esmalte: Material cristalino, de composição mineral semelhante à do osso, porém mais duro e sem osteócitos, que cobre as superfícies expostas dos dentes.
Esmegma: Secreção das glândulas do prepúcio do pênis ou do clitóris.

Esôfago: Tubo muscular que conecta a faringe ao estômago.
Espaço extradural (epidural): Espaço entre a dura-máter espinal e as paredes ósseas do forame vertebral; contém vasos sangüíneos e tecido adiposo; um local freqüente de injeção para anestesia regional.
Espaço subaracnóideo: Espaço meníngeo que contém LCE; área entre a aracnóide-máter e a pia-máter.
Espasmo: Ciclo único de contração e relaxamento em um músculo esquelético.
Espasmo vascular: Contração da parede de um vaso sangüíneo no local de uma lesão, processo que pode reduzir a perda de sangue.
Espermátides: Produto da meiose no homem; células que se diferenciam em espermatozóides.
Espermatócitos: Células dos túbulos seminíferos contorcidos que são originadas na meiose.
Espermatogênese: Produção de espermatozóide.
Espermatogônia: Células-tronco cujas divisões mitóticas dão origem a outras células-tronco e a espermatócitos.
Espermatozóide: Célula espermática, o gameta masculino.
Espermicida: Composto tóxico para os espermatozóides, às vezes usado como método anticoncepcional.
Espermogênese: Processo de diferenciação de espermátides que leva à formação de espermatozóides fisicamente maduros.
Espinha bífida: Anomalia de desenvolvimento na qual as lâminas dos arcos vertebrais não se unem na linha mediana; toda a coluna vertebral e o crânio podem ser afetados em casos graves.
Esplenectomia: Remoção cirúrgica do baço.
Estapédio: Músculo da orelha média cuja contração tensiona os ossículos da audição e reduz as forças transmitidas para a janela do vestíbulo (oval).
Estenose: Constrição ou estreitamento de uma passagem.
Estereocílios: Microvilosidades alongadas características do epitélio do epidídimo e de porções do ducto deferente.
Esteróide: Lipídeo em forma de anel estruturalmente relacionado com o colesterol.
Estímulo: Alteração ambiental que produz uma mudança nas atividades celulares; em geral, usado para denominar eventos que alteram os potenciais de membrana das células excitáveis.
Estímulo limiar: Estímulo suficiente para despolarizar o potencial de membrana de uma membrana excitável até o limiar e produzir um potencial de ação.
Estradiol: Estrogênio primário secretado pelos folículos ováricos.
Estratificado: Que contém várias camadas.
Estrato: Camada.
Estrato córneo: Camada de células achatadas, mortas e queratinizadas que cobre a epiderme.
Estribo: Ossículo da audição ligado à janela do vestíbulo.
Estrógenos: Hormônios sexuais dominantes na mulher; principalmente estradiol.
Estroma: Estrutura de tecido conectivo de um órgão, em contraposição às células funcionais (parênquima) desse órgão.
Eupnéia: Respiração tranqüila normal.
Eversão: Virada para fora.
Excreção: Eliminação de resíduos do corpo.
Exocitose: Ejeção de materiais citoplasmáticos por fusão de uma vesícula membranosa com a membrana celular.
Expiração: Exalação; expulsar o ar.
Extensão: Aumento do ângulo entre dois ossos articulados; oposto de flexão.
Exteroceptores: Receptores na pele, na túnica mucosa e nos órgãos dos sentidos especiais que fornecem informações sobre o ambiente externo e nossa posição nesse ambiente.
Fabela: Osso sesamóide encontrado com freqüência no tendão da cabeça lateral do músculo gastrocnêmio.
Face oclusal: Superfícies opostas dos dentes que entram em contato durante o processamento dos alimentos (mastigação).
Facilitação: Despolarização da membrana celular de um neurônio na direção do limiar, ou tornando a célula mais sensível aos estímulos despolarizantes.
Fagócito: Célula que realiza fagocitose.
Fagocitose: Engolfamento de materiais extracelulares ou patógenos; movimento de materiais extracelulares para o citoplasma por englobamento em uma vesícula membranosa.
Falange: Dedos; os ossos dos dedos da mão e do pé.
Falciforme: Em forma de foice.
Faringe: A garganta; passagem muscular partilhada pelos tratos digestório e respiratório.
Farmacologia: Estudo dos fármacos, de seus efeitos fisiológicos e seus usos clínicos.
Fáscia: Fibras de tecido conectivo, principalmente de colágeno, que formam lâminas ou faixas abaixo da pele para fixar, estabilizar, envolver e separar músculos e outros órgãos internos.
"Fáscia superficial": *Ver* **Tela subcutânea**.
Fascículo: Pequeno feixe, em geral referindo-se a uma coleção de axônios ou fibras musculares.
Fase de relaxamento: Período que segue uma contração, quando a tensão na fibra muscular retorna aos níveis de repouso.
Fase pós-ovulatória: Fase secretora do ciclo menstrual.
Fase pré-ovulatória: Parte do ciclo menstrual; período de reparação induzida por estrógeno na zona funcional do endométrio por meio do crescimento e da proliferação de células epiteliais nas glândulas que não se perdem durante a menstruação.
Fase proliferativa: *Ver* **Fase pré-ovulatória**.
Fator intrínseco: Glicoproteína secretada por células parietais do estômago que facilita a absorção intestinal da vitamina B_{12}.
Fator Rh: Aglutinogênio que pode estar presente (Rh-positivo) ou ausente (Rh-negativo) das superfícies dos glóbulos vermelhos.
Fatores de coagulação: Proteínas plasmáticas sintetizadas pelo fígado que são essenciais à resposta de coagulação.
Fauces: Região de passagem da boca para a faringe, limitada pelos arcos do palato mole, pelo palato mole e úvula palatina.
Fenestra: Abertura.
Fenestrado: Que tem múltiplas aberturas; usado para denominar vasos capilares muito permeáveis cujas células endoteliais são penetradas por poros de vários tamanhos.
Fenótipo: Características físicas que são geneticamente determinadas.
Fertilização: Fusão do óvulo e do espermatozóide para formar um zigoto.
Feto: Estágio de desenvolvimento que vai do início do terceiro mês de gestação até o nascimento.
Fezes: Resíduos eliminados pelo trato digestório através do ânus; contêm resíduos não-digeríveis, bactérias, muco e células epiteliais.
Fibra aferente (sensitiva): Axônios que conduzem informação para o SNC.
Fibra eferente: Axônio que conduz impulsos nervosos para longe do SNC.
Fibras de projeção: Axônios que conduzem informação do tálamo para o córtex cerebral.
Fibras extrafusais: Fibras musculares contráteis, em oposição às fibras intrafusais sensitivas (fusos musculares).
Fibras intrafusais: Fibras de fusos musculares.
Fibrilação: Contrações descoordenadas de células musculares individuais que prejudicam ou impedem a função normal.
Fibrina: Fibras insolúveis de proteína que formam a estrutura básica de um coágulo sangüíneo.
Fibrinogênio: Proteínas plasmáticas que podem ser convertidas pela ação de enzimas em faixas insolúveis de fibrina que são a base de um coágulo sangüíneo.
Fibrinólise: Ruptura das faixas de fibrina de um coágulo sangüíneo por uma enzima proteolítica.
Fibroblastos: Células de tecido conectivo próprio que são responsáveis pela produção de fibras extracelulares e pela secreção dos compostos orgânicos da matriz extracelular.
Fibrócitos: Células de tecido conectivo próprio responsáveis pela manutenção das fibras extracelulares e pela substância fundamental da matriz extracelular.
Fíbula: Osso lateral e relativamente fino da perna.
Fígado: Órgão do sistema digestório com funções variadas e vitais que incluem produção de proteínas plasmáticas, excreção de bile, armazenamento de reservas de energia, desintoxicação de substâncias nocivas e conversão de nutrientes.
Filamento espesso (grosso): Filamento de miosina em célula de músculo esquelético ou cardíaco.
Filamento fino: Filamento de actina em célula de músculo esquelético ou cardíaco.
Filamento terminal: Extensão fibrosa da pia-máter espinal que se estende a partir do cone medular até o "ligamento coccígeo".
Filaríase: Afecção resultante de infecção por parasitas transportados por mosquito; pode causar elefantíase.
Filtração: Movimento de líquido através de uma membrana cujos poros restringem a passagem de solutos com base no tamanho.
Filtrado: Líquido produzido por filtração em um glomérulo do rim.
Fímbrias: Franja; termo usado para descrever os processos semelhantes a dedos que circundam o óstio abdominal da tuba uterina.
Fisiologia: Estudo da função; considera as maneiras como os organismos vivos realizam atividades vitais.
Fissura: Sulco ou abertura alongados e profundos.
Fístula: Passagem (abertura) anormal entre dois órgãos ou de um órgão ou espaço interno para a superfície do corpo.
Flácido: Fraco, mole, débil; músculo sem tono muscular.
Flagelo: Organela estruturalmente semelhante a um cílio, mas usada para propulsão da célula em um líquido.
Flato: Gás intestinal.
Flexão: Movimento em uma articulação que reduz o ângulo entre dois ossos articulados; oposto de extensão.
Flexão dorsal: Elevação da superfície superior (dorso) do pé.
Flexor: Músculo que produz flexão.
Flexura: Dobradura.
Fluoroscópio: Instrumento que permite o exame do corpo com raios X em tempo real, em vez de imagens fixas em chapas fotográficas.
Fluxo de membrana: Movimento de partes de superfície de membrana para e a partir da superfície da célula e componentes do retículo endoplasmático, aparelho de Golgi e vesículas.
Fluxo retrógrado: Transporte de materiais da arborização terminal para o corpo celular de um neurônio.
Foice do cérebro: Lâmina curva da dura-máter que se estende entre os dois hemisférios cerebrais; contém o seio sagital superior.
Folha: Pregas em forma de folha; termo usado para denominar as pregas finas na superfície do córtex cerebelar.

Foliculite: Inflamação de um folículo, como um folículo piloso da pele.
Folículo: Pequeno saco ou glândula secretora.
Folículo piloso: Estrutura acessória do tegumento comum; tubo revestido por epitélio escamoso estratificado que começa na superfície da pele e termina na papila do pêlo.
Folículo terciário: Folículo ovárico maduro que contém uma grande câmara cheia de líquido.
Fonação: Produção de som na laringe.
Fontículo: Região fibrosa relativamente mole e flexível entre dois ossos planos no crânio em desenvolvimento.
Forame: Abertura ou buraco em um osso.
Forame interventricular: Abertura que permite a circulação de líquido cerebrospinal entre o ventrículo lateral e o terceiro ventrículo.
Formação reticular: Rede difusa de substâncias cinzenta e branca que se estende por todo o comprimento do tronco encefálico.
Fórnice: Arco, ou o espaço limitado por um arco; no encéfalo, trato arqueado de fibras nervosas que conecta o hipocampo com os corpos mamilares; no olho, bolsa frouxa encontrada onde o epitélio da túnica conjuntiva do bulbo do olho dobra-se para continuar como a túnica conjuntiva da pálpebra.
Fosfolipídeo: Importante lipídeo de membrana cuja estrutura inclui regiões hidrófilas e hidrófobas.
Fosforilação: Adição de um grupo fosfato a uma molécula.
Fossa: Depressão rasa na superfície de um osso.
Fotocepção: Sensibilidade à luz.
Fóvea: Porção da retina que fornece a visão mais pormenorizada (acuidade visual), com a maior concentração de cones; localiza-se na **mácula lútea**.
Fratura: Quebra ou fissura no osso.
Fratura "em galho verde": Fratura que afeta com mais freqüência os ossos longos de crianças pequenas.
Frênulo: Um freio; *ver* **Frênulo da língua**.
Frênulo da língua: Prega epitelial que se liga à superfície inferior da língua e ao soalho da boca.
Freqüência ventilatória: Freqüência respiratória.
Frutose: Uma hexose (açúcar simples que contém seis carbonos) encontrada em alimentos e no sêmen.
Fundo: A "base" de um órgão.
Funículos espermáticos: Vasos, nervos, linfáticos do testículo e o ducto deferente, que se estendem entre os testículos e a cavidade do corpo, atravessando o canal inguinal.
Furúnculo: Abscesso da pele, em geral envolvendo uma glândula sebácea.
Furúnculo: Bolha resultante da invasão e inflamação de um folículo piloso ou glândula sebácea.
Gametas: Células reprodutoras (espermatozóide ou óvulo) que contêm metade do complemento cromossômico normal.
Gametogênese: Formação de gametas.
Gânglio "nodoso": Gânglio sensitivo do nervo craniano X.
Gânglio "petroso": Gânglio sensitivo do nervo glossofaríngeo (IX).
Gânglio autônomo: Coleção de neurônios motores viscerais fora do SNC.
Gânglio pré-vertebral (colateral): Gânglio simpático situado na frente da coluna vertebral e separado do tronco simpático.
Gânglio pré-vertebral: *Ver* **Gânglio colateral**.
Gânglio sensitivo de nervo espinal: Gânglio do SNP que contém os corpos celulares de neurônios sensitivos.
Gânglio: Coleção de corpos celulares de neurônios fora do SNC.
***Gaster*:** Estômago; o corpo ou o ventre de um músculo.
Gastrectomia: Remoção cirúrgica parcial ou total do estômago.
Gástrico: Pertencente ao estômago.
Gastrina: Hormônio produzido por células enteroendócrinas do estômago, quando expostas a estímulos mecânicos ou estimulação vagal, e do duodeno, quando expostas ao quimo que contém proteínas não-digeridas.
Gastrite: Inflamação do estômago.
Gastroscópio: Instrumento de fibra óptica que permite inspeção visual do revestimento do estômago.
Gastrulação: O movimento das células da massa celular interna que cria as três camadas germinativas primárias do embrião.
Gêmeos dizigóticos: Gêmeos que resultam da fertilização de dois óvulos diferentes.
Gêmeos monozigóticos: Gêmeos produzidos por meio da divisão de um único óvulo fertilizado (zigoto).
Gene: Porção de uma fita de DNA que funciona como unidade hereditária e é encontrada em um determinado local em um cromossomo específico.
Gene recessivo: Um alelo que afeta o fenótipo apenas quando o indivíduo é homozigótico para aquele traço.
Genética: Estudo dos mecanismos da hereditariedade.
Gengivite: Inflamação das gengivas.
Geniculado: Como um pequeno joelho; os corpos e correspondentes núcleos geniculados medial e lateral são partes do tálamo (metatálamo), no diencéfalo.
Genitália: Órgãos genitais externos.
Genótipo: Complemento genético de um indivíduo em particular.
Gestação: Período de desenvolvimento intra-uterino.
Ginecologistas: Médicos especializados em moléstias do sistema genital feminino.
Giro: Prega ou crista proeminente do córtex dos hemisférios cerebrais.
Giro pós-central: O córtex sensitivo primário, onde as sensações de tato, vibração, dor, temperatura e paladar (gosto) chegam e são percebidas conscientemente.
Giro pré-central: O córtex motor primário em um hemisfério cerebral, localizado anteriormente ao sulco central.
Glande do pênis: Extremidade expandida do pênis que circunda o óstio externo da uretra; contínuo com o corpo esponjoso.
Glândula: Células que produzem secreções exócrinas ou endócrinas, derivadas dos epitélios.
Glândula (cripta) intestinal: Bolsa epitelial tubular revestida por células secretoras que se abre na cavidade (luz) do intestino.
Glândula endócrina: glândula que secreta hormônios e lança no sangue.
Glândula exócrina: Glândula que secreta na superfície do corpo ou em uma passagem ligada ao exterior.
Glândula lacrimal: Glândula das lágrimas na região súpero-lateral da órbita.
Glândula mista: Glândula que contém células exócrinas e endócrinas, ou glândula exócrina que produz secreções serosas e mucosas.
Glândula pineal: Tecido nervoso na porção posterior do diencéfalo, responsável pela secreção de melatonina.
Glândula supra-renal: Pequena glândula endócrina que secreta esteróides e catecolaminas, localizada junto ao pólo superior de cada rim; também chamada de *glândula "adrenal"*.
Glândula tireóide: Glândula endócrina cujos lobos situam-se lateralmente à cartilagem tireóidea da laringe.
Glândula unicelular: Célula caliciforme; célula mucosa.
Glândulas bulbouretrais: Glândulas mucosas na base do pênis que secretam na parte esponjosa da uretra; também denominadas glândulas de Cowper.
Glândulas cárdicas: Glândulas mucosas características da cárdia do estômago.
Glândulas ceruminosas: Glândulas do tegumento que secretam cerume.
Glândulas do prepúcio: Glândulas na superfície interna do prepúcio que produzem secreção viscosa e odorífera chamada de **esmegma**.
Glândulas duodenais: *Ver* **Glândulas submucosas**.
Glândulas écrinas: Glândulas sudoríferas da pele que produzem secreção aquosa.
Glândulas endometriais: Glândulas secretoras do endométrio.
Glândulas gástricas: Glândulas tubulares do estômago cujas células produzem ácido, enzimas, fator intrínseco e hormônios.
Glândulas mamárias: Glândulas produtoras de leite na mama feminina.
Glândulas paratireóides: Quatro pequenas glândulas incrustadas na superfície posterior da glândula tireóide; responsáveis pela secreção do hormônio paratireóideo.
Glândulas parótidas: Grandes glândulas salivares que secretam saliva contendo altas concentrações de amilase salivar (alfa).
Glândulas salivares sublinguais: Glândulas salivares secretoras de saliva situadas inferiormente à língua.
Glândulas salivares submandibulares: Glândulas salivares situadas em depressões na superfície interna da mandíbula; glândulas salivares que produzem uma mistura de mucinas e enzimas (amilase salivar).
Glândulas sebáceas: Glândulas que secretam sebo, em geral associadas a folículos pilosos.
Glândulas seminais: Glândulas do trato genital masculino que produzem aproximadamente 60% do volume do sêmen. Também conhecidas como *vesículas seminais.*
Glândulas submucosas: Glândulas na tela submucosa do duodeno.
Glândulas vestibulares maiores: Glândulas mucosas nas paredes da vagina que secretam para o vestíbulo da vagina; equivalente das glândulas bulbouretrais do homem.
Glaucoma: Distúrbio ocular caracterizado pelo aumento da pressão intra-ocular em função da drenagem inadequada do humor aquoso no seio venoso da esclera (canal de Schlemm).
Glicerídeos: Lipídeos compostos de glicerol ligado a 1 a 3 ácidos graxos.
Glicocorticóides: Hormônios secretados pela zona fasciculada do córtex supra-renal para modificar o metabolismo da glicose; cortisol e corticosterona são exemplos importantes.
Glicogênio: Polissacarídeo que representa importante reserva de energia; polímero que consiste em uma cadeia longa de moléculas de glicose.
Glicolipídeos: Compostos criados pela combinação de carboidrato e lipídeos.
Glicoproteína: Composto que contém um grupo relativamente pequeno de carboidrato ligado a uma grande proteína.
Glicose: Açúcar de seis carbonos, $C_6H_{12}O_6$; a fonte de energia preferida da maioria das células e a única fonte de energia para os neurônios em condições normais.
Glicosúria: Presença de glicose na urina.
Globulinas: Proteínas plasmáticas globulares com várias funções importantes.
Glóbulo vermelho: *Ver* **Eritrócito**.
Glóbulos brancos do sangue: Leucócitos; os granulócitos e agranulócitos do sangue.
Glomérulo: Bola ou nó; nos rins, um novelo de vasos capilares que se projeta na extremidade proximal alargada de um néfron; local onde ocorre filtração, o primeiro passo na produção de urina.
Glomerulonefrite: Inflamação dos glomérulos dos rins.

Glomo carótico: Grupo de receptores adjacente ao seio carótico; sensível à mudança dos níveis de dióxido de carbono, pH e às concentrações de oxigênio do sangue arterial.
Glote: Região na cavidade da laringe onde estão as pregas vocais.
Glucagon: Hormônio secretado pelas células alfa das ilhotas pancreáticas; eleva as concentrações de glicose no sangue.
Golgi, aparelho de: Organela celular que consiste em uma série de placas membranáceas que dão origem a lisossomos e vesículas secretoras.
Golgi, órgão tendíneo de: *Ver* **Órgão tendíneo**.
Gônadas: Órgãos genitais que produzem gametas e hormônios.
Gonadotropina coriônica humana (HCG): Hormônio placentário que mantém o corpo lúteo nos primeiros três meses de gravidez.
Gonadotropinas: Hormônios que estimulam as gônadas (testículos ou ovários).
Gonfose (sindesmose dentoalveolar): Sinartrose fibrosa que liga um dente a um osso, maxilas ou mandíbula; *ver* **Periodonto**.
Gota: Afecção clínica resultante de altas concentrações de ácido úrico no sangue e nos tecidos periféricos.
Granulações aracnóideas: Projeções do espaço subaracnóideo que se projetam no seio sagital superior; locais onde o LCE entra na circulação venosa.
Granulócitos: Glóbulos brancos do sangue que contêm grânulos visíveis ao microscópio óptico; inclui eosinófilos, basófilos e neutrófilos; também chamados de leucócitos granulares.
Grupo fosfato: PO_4^{3-}.
Gustação: Paladar, gosto.
Hálux: O "dedão" do pé (dedo I).
Haplóide: Que possui metade do número normal de cromossomos; característica dos gametas.
Havers, sistema de: *Ver* **Osteona**.
Heimlich, manobra de: Técnica para remover um bloqueio (corpo estranho) de via aérea por compressão externa do abdome e elevação forçada do diafragma.
Hematócrito: Porcentagem do volume de sangue total que é contribuição das células; também chamado de volume globular (PCV) ou massa eritrocitária (VPRC).
Hematologistas: Especialistas em doenças do sangue e de seus tecidos formadores.
Hematoma: Tumor ou inchaço cheio de sangue.
Hematopoiese: Formação e diferenciação de células sangüíneas.
Hematúria: Presença de quantidades anormais de células sangüíneas na urina.
Heme: Um anel de porfirina que contém um átomo de ferro central que pode ser inversamente ligado a moléculas de oxigênio; componente da molécula de hemoglobina.
Hemiplegia: Paralisia que afeta um lado do corpo (membros e tronco).
Hemisférios cerebrais: Porções expandidas do cérebro, cobertas por córtex.
Hemodiálise: Diálise do sangue.
Hemofilia: Afecção congênita que resulta da síntese inadequada de um dos fatores de coagulação.
Hemoglobina: Proteína composta de quatro subunidades globulares, cada uma ligada a uma única molécula de heme; a proteína encontrada nas células vermelhas do sangue que lhes dá a capacidade de transportar oxigênio.
Hemólise: Degradação (lise) de uma célula vermelha do sangue.
Hemorragia: Perda de sangue.
Hemorróidas: Veias inchadas e varicosas que protraem das paredes do reto e/ou do canal anal.
Hemostasia: Cessação de sangramento.
Hemotórax: Entrada de sangue em uma das cavidades pleurais (direita/esquerda).
Heparina: Anticoagulante liberado pelos basófilos e mastócitos ativados.
Hepatite: Inflamação do fígado, decorrente da exposição a substâncias químicas e fármacos tóxicos ou vírus.
Hepatócito: Célula do fígado.
Hérnia: Protrusão de uma alça ou porção de um órgão através da parede abdominopélvica ou para a cavidade torácica.
Hérnia de disco: Ruptura do anel fibroso e saída do núcleo pulposo de um disco intervertebral.
Heterotópico: Ectópico; fora de sua localização normal.
Heterozigoto: Que possui dois alelos diferentes nos locais correspondentes em um par de cromossomos; o fenótipo do indivíduo pode ser determinado por um ou por ambos os alelos.
Hexose: Açúcar simples de seis carbonos.
Hialuronidase: Enzima que degrada o ácido hialurônico produzido por certas bactérias e encontrado no acrossomo ("capuz cefálico") do espermatozóide.
Hiato: Lacuna, fenda ou abertura.
Hidrocefalia: Afecção que resulta da produção excessiva ou da drenagem inadequada do líquido cerebrospinal.
Hilo: Região específica de acesso ("porta") na qual vasos sangüíneos e linfáticos, nervos e/ou outras estruturas anatômicas são ligados a um órgão.
Hímen: Membrana que se forma durante o desenvolvimento, fechando o óstio da vagina.
Hiper-reflexia: Respostas reflexas anormalmente exageradas à estimulação.
Hipercapnia: Altas concentrações plasmáticas de dióxido de carbono, em geral resulta de hipoventilação ou perfusão tecidual inadequada.
Hiperglicemia: Concentrações elevadas de glicose plasmática.
Hiperopia: A visão para longe, caracterizada pela incapacidade de focar objetos de perto.
Hiperplasia: Aumento anormal de um órgão devido ao aumento do número de células.
Hiperpnéia: Aumentos anormais da freqüência e da profundidade da respiração.
Hipersecreção: Hiperatividade das glândulas que produzem secreções exócrinas ou endócrinas.
Hipertensão: Pressão arterial anormalmente alta.
Hipertermia: Temperatura corporal excessivamente alta.
Hipertireoidismo: Produção excessiva de hormônios tireóideos.
Hipertônica: Ao comparar duas soluções, refere-se àquela que tem osmolaridade mais alta.
Hipertrofia: Aumento do tamanho do tecido sem divisão celular.
Hiperventilação: Freqüência de respiração suficiente para reduzir a PCO_2 plasmática para níveis inferiores ao normal.
Hipoblasto: A superfície interna da massa celular interna que se volta para a blastocele do embrião inicial.
Hipocampo: Porção do sistema límbico que diz respeito à organização e ao armazenamento de memórias.
Hipocapnia: PCO_2 plasmática anormalmente baixa, em geral o resultado de hiperventilação.
Hipoderme: Tela subcutânea, região de tecido conectivo frouxo, também chamada de "**fáscia superficial**".
Hipoestesia: Sensibilidade anormalmente reduzida aos estímulos.
Hipófise: A "glândula mestre", situada na sela turca do esfenóide e conectada ao hipotálamo pelo infundíbulo; inclui a neuro-hipófise (lobo posterior) e a adeno-hipófise (lobo anterior).
Hiponíquio: Espessamento da epiderme abaixo da margem livre da unha.
Hiporreflexia: Respostas reflexas anormalmente reduzidas aos estímulos.
Hipossecreção: Volumes anormalmente baixos de secreção exócrina ou endócrina.
Hipotálamo: Soalho do diencéfalo; região do encéfalo que contém centros envolvidos na regulação inconsciente de funções viscerais, emoções, ritmo e na coordenação das funções endócrinas e nervosas.
Hipotônica: Ao comparar duas soluções, refere-se àquela que tem osmolaridade mais baixa.
Hipoventilação: Freqüência de respiração insuficiente para manter a PCO_2 plasmática dentro dos níveis normais.
Hipovolêmico: Com volume de sangue anormalmente baixo.
Hipoxia: Baixas concentrações de oxigênio no tecido.
Hirsutismo: Crescimento excessivo de pêlos em mulheres que segue o padrão de distribuição típico do homem adulto; às vezes é causada pela superprodução de andrógenos.
His, feixe de: O fascículo atrioventricular; células condutoras especializadas no septo interventricular que conduzem o impulso de contração do nó AV para os ramos direito e esquerdo e, a seguir, para os ramos subendocárdicos (células de Purkinje).
Histamina: Substância química liberada por mastócitos ou basófilos estimulados para iniciar ou ampliar uma resposta inflamatória.
Histologia: Estudo dos tecidos.
Histonas: Proteínas associadas ao DNA do núcleo, ao redor das quais as fitas de DNA são enroladas.
Homeostase: Manutenção de ambiente interno relativamente constante.
Homozigótico: Que tem o mesmo gene para uma determinada característica em dois cromossomos homólogos.
Hormônio: Composto secretado por uma célula que faz trajeto pelo sistema circulatório para estimular a atividade das células em outra parte do corpo.
Hormônio adrenocortical: Qualquer um dos esteróides produzidos pelo córtex da supra-renal.
Hormônio adrenocorticotrópico (ACTH): Hormônio que estimula a produção e a secreção de glicocorticóides pela zona fasciculada do córtex da supra-renal; liberado pela adeno-hipófise em resposta ao CRE.
Hormônio antidiurético (ADH): Hormônio sintetizado no hipotálamo e secretado na neuro-hipófise; causa retenção de água nos rins e elevação da pressão arterial.
Hormônio do crescimento (GH): Hormônio da adeno-hipófise que estimula o crescimento do tecido e o anabolismo quando os nutrientes são abundantes, e restringe a dependência dos tecidos à glicose quando os nutrientes são escassos.
Hormônio estimulante da tireóide (TSH): Hormônio da adeno-hipófise que desencadeia a secreção dos hormônios tireóideos pela glândula tireóide.
Hormônio estimulante de célula intersticial: Nome alternativo do LH no homem; estimula a produção de andrógeno pelas células intersticiais dos testículos.
Hormônio estimulante do melanócito (MSH): Hormônio da parte intermédia da adeno-hipófise, que estimula a produção de melanina.
Hormônio folículo-estimulante (FSH): Hormônio secretado pela adeno-hipófise; estimula a oôgenese (mulheres) e a espermatogênese (homens).
Hormônio insulinotrópico dependente de glicose (GIP): Hormônio duodenal liberado quando o quimo que chega contém grandes quantidades de carboidratos; desencadeia a secreção de insulina e desaceleração da atividade gástrica.
Hormônio liberador de corticotropina (CRH): Hormônio liberador secretado pelo hipotálamo que estimula a secreção de ACTH pela adeno-hipófise.

GLOSSÁRIO

Hormônio liberador de gonadotropina (GnRH): Hormônio de liberação hipotalâmico que causa secreção de FSH e LH pela adeno-hipófise.

Hormônio luteinizante: Hormônio da adeno-hipófise que, na mulher, auxilia o FSH na estimulação folicular, desencadeia a ovulação e promove a manutenção e secreção das glândulas endometriais; no homem, estimula a espermatogênese; também conhecido como **hormônio estimulante de célula intersticial**.

Hormônio paratireóideo: Hormônio secretado pela glândula paratireóide quando os níveis de cálcio plasmático ficam abaixo dos níveis normais; causa aumento da atividade osteoclástica, maior captação de cálcio no intestino e menor perda de íons cálcio nos rins.

Hormônios gonadotrópicos: FSH e LH, hormônios que estimulam o desenvolvimento de gametas e a secreção de hormônio sexual.

Hormônios tireóideos: Tiroxina (T_4) e triiodotironina (T_3), hormônios da glândula tireóide; hormônios que estimulam o metabolismo do tecido, a utilização de energia e o crescimento.

Humor aquoso: Líquido semelhante à perilinfa ou ao LCE que enche as câmaras anterior e posterior do bulbo do olho.

Icterícia: Afecção caracterizada pelo amarelamento dos tecidos conectivos em função dos níveis teciduais elevados de bilirrubina; em geral, está associada com lesão hepática ou do sistema biliar.

Íleo: Os últimos 2,5 m do intestino delgado.

Ileostomia: Criação cirúrgica de uma abertura para o íleo; abertura criada quando o íleo é cirurgicamente conectado à parede abdominal.

Ilhotas pancreáticas: Agregações de células endócrinas no pâncreas.

Ílio: O maior dos três ossos do quadril cuja fusão cria a articulação do quadril.

Implantação: Erosão de um blastocisto na parede uterina.

Impotência: Incapacidade de obter ou manter a ereção no homem.

Impulso nervoso: Potencial de ação em uma membrana de célula nervosa.

Imunidade: Resistência a lesões e doenças causadas por compostos estranhos, toxinas e patógenos.

Imunidade humoral: Imunidade decorrente da presença de anticorpos circulantes produzidos por plasmócitos.

Imunidade mediada por células: Resistência à doença por meio de atividades das células T sensibilizadas que destroem as células transportadoras de antígeno pelo contato direto ou por liberação de linfotoxinas; também denominada imunidade celular.

Imunização: Imunidade que se desenvolve por exposição deliberada a antígenos, em condições que previnem o desenvolvimento de doença, mas estimulam a produção de células B de memória.

Imunoglobulina: Anticorpo circulante.

***In vitro*:** Fora do corpo, em ambiente artificial.

***In vivo*:** Em um corpo vivo.

Incisivos: Dois pares de dentes achatados, em forma de lâmina, situados na parte anterior dos arcos dentais mandibular e maxilar.

Inclusões: Agregações de pigmentos insolúveis, nutrientes ou outros materiais no citoplasma.

Incontinência: Incapacidade de controlar voluntariamente a micção (ou defecação).

Inervação: Distribuição de nervos sensitivos e motores para uma região ou órgão específico.

Infarto: Área de células mortas que resultam de interrupção da circulação.

Infarto do miocárdio: Ataque cardíaco; lesão no músculo do coração causada por uma interrupção da circulação coronariana regional.

Infecção: Invasão e colonização dos tecidos corporais por organismos patogênicos.

Inferior: Referência de direção que significa para baixo.

Infertilidade: Incapacidade de conceber/fertilizar.

Inflamação: Mecanismo de defesa não-específico que funciona no âmbito dos tecidos, caracterizado por edema, vermelhidão, calor, dor e uma certa perda de função.

Infundíbulo: Estrutura cônica, em forma de funil; no sistema nervoso, refere-se à conexão entre a hipófise e o hipotálamo; o infundíbulo da tuba uterina é a parte limitada por fímbrias que recebem os óvulos na ovulação.

Ingestão: Introdução de materiais no trato digestório através da boca.

Inibina: Hormônio produzido pelas células de sustentação que inibe a secreção de FSH pela hipófise.

Injeção: Forçar líquido para dentro de uma parte do corpo ou órgão.

Injeção intramuscular: Injeção de medicação em um músculo esquelético.

Inserção de origem (ponto fixo): Área de fixação de um músculo, que é menos móvel.

Inserção terminal (ponto móvel): Área de fixação de um músculo na extremidade móvel.

Insolúvel: Incapaz de se dissolver em solução.

Insônia: Transtorno do sono caracterizado pela incapacidade de adormecer.

Inspiração: Inalação; movimento de ar para dentro do sistema respiratório.

Insuficiência cardíaca congestiva (ICC): Falha em manter o débito cardíaco adequado em função de problemas circulatórios ou lesão miocárdica.

Insulina: Hormônio secretado pelas células beta das ilhotas pancreáticas; causa redução das concentrações de glicose plasmática.

Interdigitar: Interconectar.

Interfase: Estágio da vida de uma célula durante o qual os cromossomos estão desenrolados e todas as funções celulares estão normais, exceto a mitose.

Interferons: Peptídeos liberados por células infectadas por vírus, especialmente linfócitos, que tornam outras células mais resistentes à infecção viral e desaceleram a replicação do vírus.

Interleucinas: Peptídeos liberados por monócitos e linfócitos ativados que auxiliam na coordenação das respostas imunológicas celulares e humorais.

Interneurônios (neurônios de associação): Neurônios do SNC que são interpostos entre neurônios sensitivos e/ou motores.

Interoceptores (visceroceptores): Receptores que monitoram as funções e o estado dos órgãos e sistemas internos.

Intestino: Órgão tubular do trato digestório.

Intestino delgado: Duodeno, jejuno e íleo; o trato digestório entre o estômago e o intestino grosso.

Intestino grosso: Porções terminais do trato intestinal, que consistem em ceco, colo, reto e canal anal.

Intestinos: O trato intestinal.

Intra-uterino: No interior do útero; termo usado para denominar o período de desenvolvimento pré-natal.

Intumescência cervical: Aumento relativo da parte cervical da medula espinal devido à abundância de neurônios do SNC envolvidos no controle motor dos membros superiores.

Inversão: Voltar para dentro.

Involuntário: Sem controle consciente.

Íon: Átomo ou molécula que tem carga positiva ou negativa em função de aceitação ou doação de um elétron.

Íons bicarbonato: HCO_3^-; componentes aniônicos do sistema tampão de bicarbonato.

Ipsilateral: Resposta reflexa que afeta o mesmo lado que foi estimulado; refere-se ao mesmo lado do corpo.

Íris: Estrutura contrátil constituída por músculo liso que forma a parte colorida do olho.

Isotônica: Solução com osmolaridade que não resulta em movimento de água através das membranas celulares; com mesma força de contração.

Isquemia: Irrigação sangüínea insuficiente para uma região do corpo.

Ísquio: Um dos três ossos do quadril cuja fusão cria a articulação do quadril.

Istmo: Faixa estreita de tecido que conecta duas massas maiores.

Janela da cóclea (redonda): Abertura no labirinto ósseo da orelha interna que expõe a parede membranácea da rampa do tímpano ao ar da cavidade da orelha média.

Janela do vestíbulo (oval): Abertura no labirinto ósseo, onde o estribo liga-se à parede membranácea da rampa do vestíbulo.

Jejuno: Porção média do intestino delgado.

Junção neuroefetora: Sinapse entre um neurônio autônomo e um efetor periférico, como uma célula muscular ou glandular.

Junção neuroglandular: Tipo específico de junção neuroefetora.

Junções comunicantes: Conexões entre células que permitem acoplamento elétrico.

Kupffer, células de: Células estreladas do fígado; células fagocíticas dos vasos sinusóides hepáticos.

Lábios: Lábios da boca; os lábios maiores e lábios menores do pudendo são componentes dos órgãos genitais femininos externos; margens.

Labirinto: Rede complexa de passagens; em geral, refere-se às estruturas da orelha interna.

Labirinto membranáceo: Tubos cheios de endolinfa da orelha interna que contêm receptores da orelha interna.

Lactação: Produção de leite pelas glândulas mamárias.

Lactase: Enzima que degrada um dissacarídeo (lactose) no leite.

Lactífero: Vaso linfático terminal dentro de uma vilosidade intestinal.

Lactogênio placentário humano (HPL): Hormônio placentário que estimula o desenvolvimento funcional das glândulas mamárias.

Lacuna: Pequena depressão ou espaço.

Lacuna (espaço) da bainha de mielina: Área entre células da glia adjacentes, onde a mielina que reveste um axônio é interrompida. Também denominada *nó de Ranvier*.

Lágrimas: Secreções líquidas das glândulas lacrimais que banham a superfície anterior do bulbo do olho.

Lamelas: Camadas concêntricas de tecido ósseo que formam uma osteona.

Lâmina: Folha ou camada fina.

Lâmina basilar: Membrana que sustenta o órgão espiral (de Corti) e separa o ducto coclear da rampa do tímpano na orelha interna.

Lâmina cribriforme: Porção do etmóide do crânio que contém os forames usados pelos axônios dos receptores olfatórios no trajeto para os bulbos olfatórios no cérebro.

Lâmina do teto (quadrigêmea): Colículos superior e inferior do teto do mesencéfalo.

Lâmina muscular da mucosa: Camada de músculo liso subjacente à lâmina própria, responsável pelo movimento da superfície mucosa.

Lâmina própria: Camada de tecido conectivo frouxo situada imediatamente abaixo do epitélio da túnica mucosa.

Laminectomia: Remoção do processo espinhoso de uma vértebra para ter acesso e tratar hérnia de disco.

Langerhans, células de: Células no epitélio da pele e do trato digestório que participam da resposta imunológica apresentando antígenos para as células T.
Langerhans, ilhotas de: *Ver* **Ilhotas pancreáticas**.
Laparoscópio: Instrumento de fibra óptica usado para visualizar o conteúdo da cavidade abdominopélvica.
Laringe: Órgão cartilagíneo complexo que circunda e protege a região da glote e as pregas vocais; a margem superior é limitada pelo hióide e a inferior, pela traquéia.
Lateral: Pertencente o lado.
Laxantes: Compostos que promovem a defecação mediante aumento do peristaltismo ou aumento do conteúdo aquoso e o volume das fezes.
Lente (cristalino): Estrutura transparente ligada ao corpo ciliar posteriormente à íris e anteriormente ao corpo vítreo.
Lesão: Anormalidade localizada na organização do tecido.
Leucemia: Doença maligna dos tecidos formadores de sangue.
Leucócito: Glóbulo branco do sangue.
Leucocitose: Quantidade anormalmente elevada de glóbulos brancos circulantes.
Leucopenia: Quantidade anormalmente baixa de glóbulos brancos circulantes.
Leucopoiese: Formação de glóbulos brancos.
Ligado: Preso.
Ligamento: Faixa de fibras de tecido conectivo denso que une um osso a outro, ou outras estruturas.
Ligamento arterial: Faixa fibrosa encontrada no adulto, que representa o remanescente do ducto arterial do feto.
"Ligamento coccígeo": Extensão fibrosa da dura-máter e do filamento terminal; fornece estabilização longitudinal para a medula espinal.
Ligamento falciforme: Lâminas de peritônio que contêm o ligamento redondo do fígado, o resquício fibroso da veia umbilical do feto.
Ligamento nucal: Ligamento elástico que se estende entre a vértebra proeminente (CVII) e a crista occipital externa.
Ligamento redondo do fígado: Cordão fibroso na margem do ligamento falciforme que representa o remanescente da veia umbilical do feto.
Ligamentos cruzados: Par de ligamentos intracapsulares (anterior e posterior) na articulação do joelho.
Ligamentos denticulados: Fibras de fixação que se estendem lateralmente da superfície da medula espinal, conectando a pia-máter à dura-máter e dando sustentação lateral para a medula espinal.
Limbo: A margem da córnea, marcada pela transição do epitélio corneano para a túnica conjuntiva.
Limiar: Potencial de membrana no qual o potencial de ação começa.
Linfa: Conteúdo líquido dos vasos linfáticos, de composição semelhante à do líquido intersticial.
Linfadenopatia: Aumento patológico dos linfonodos.
Linfedema: Tumefação dos tecidos periféricos devido à produção excessiva de linfa ou à drenagem inadequada.
Linfocinas: Substâncias químicas secretadas por linfócitos ativados.
Linfócito: Célula do sistema linfático que participa da resposta imunológica.
Linfonodos: Órgãos linfáticos que monitoram a composição da linfa.
Linfopoiese: Produção de linfócitos.
Linfotoxina: Secreção de linfócitos que mata as células-alvo.
Lingual: Pertencente à língua.
Linha alba: Faixa tendínea que faz trajeto ao longo da linha mediana do corpo, entre os músculos retos do abdome.
Linhas de clivagem: Linhas de tensão na pele que seguem a orientação dos principais feixes de fibras de colágeno na derme.
Lipase: Enzima pancreática que degrada triglicerídeos.
Lipemia: Concentração elevada de lipídeos na circulação.
Lipídeo: Composto orgânico que contém carbono, hidrogênio e oxigênio em proporção que não se aproxima de 1:2:1; inclui gorduras, óleos e ceras.
Lipogênese: Síntese de lipídeos por precursores não-lipídicos.
Lipólise: Catabolismo dos lipídeos como fonte de energia.
Lipoproteína: Composto que contém uma ligação relativamente pequena de lipídeo à proteína.
Líquido amniótico: Líquido que enche a cavidade amniótica; proporciona amortecimento e sustentação para o embrião ou feto.
Líquido cerebrospinal: Líquido que banha as superfícies interna e externa do SNC; secretado pelo plexo corióideo.
Líquido extracelular: Todo o líquido do corpo que não seja o contido no interior das células; inclui plasma e líquido intersticial.
Líquido intercelular: *Ver* **Líquido intersticial**.
Líquido intersticial: Líquido nos tecidos, o qual preenche os espaços entre as células.
Líquido intracelular: Citosol.
Lise: Destruição de uma célula por meio da ruptura de sua membrana celular.
Lisossomo: Vesícula intracelular que contém enzimas digestivas.
Lisozima: Enzima presente em certas secreções exócrinas que tem propriedades antibióticas.
Lobo insular (ínsula): Região junto ao lobo temporal que é visível apenas depois da abertura do sulco lateral.
Lóbulo: Pequeno lobo ou subdivisão de um lobo; unidade organizacional básica do fígado no âmbito histológico.
Lombar: Pertencente à parte inferior do dorso.
Lordose: Exagero da curvatura lombar.
Luxação: Deslocamento forçado de um osso numa articulação para uma posição anormal, em geral acompanhado por lesão nos tendões, nos ligamentos, na cápsula articular ou em outras estruturas.
Luz: Cavidade central de um ducto ou outra passagem interna.
Macrófago: Célula fagocítica do sistema monócito-macrófago.
Mácula: Complexo de células receptoras no sáculo e no utrículo, que responde à aceleração linear ou à gravidade.
Mácula densa: Grupo de células secretoras especializadas em uma porção do túbulo contorcido distal adjacente ao glomérulo renal e às células justaglomerulares; componente do aparelho justaglomerular.
Mácula lútea: Contém a fóvea central.
Manúbrio do esterno: Elemento largo, mais ou menos triangular e superior do esterno.
Martelo: O primeiro ossículo da audição, limitado entre a membrana timpânica e a bigorna.
Massa celular interna: Células do blastocisto que formarão o corpo do embrião.
Mastectomia: Remoção cirúrgica de parte ou toda a mama.
Mastigação: Ato de mascar, mastigar.
Mastócito: Célula do tecido conectivo que, quando estimulada, libera histamina, serotonina e heparina, dando início à resposta inflamatória.
Matriz: Substância fundamental de um tecido conectivo.
Meato: Conduto, passagem em um órgão.
Meato acústico externo: Passagem no osso temporal que conduz à membrana timpânica.
Mecanocepção: Detecção de estímulos mecânicos, como tato, pressão ou vibração.
Medial: Na direção da linha mediana do corpo.
Mediastino: Região entre duas partes de um órgão ou o espaço central que divide a cavidade torácica, entre as duas cavidades pleurais; inclui a aorta e outros grandes vasos, esôfago, traquéia, timo, cavidade do pericárdio e coração, e uma grande quantidade de nervos, pequenos vasos e vasos linfáticos.
Medicação transdérmica: Administração de medicação por absorção através da pele.
Medula: Parte interna ou centro de um órgão.
Medula da glândula supra-renal: Centro da glândula supra-renal (também chamada de *medula "adrenal"*); gânglio simpático modificado que secreta catecolaminas no sangue, depois de ativação simpática.
Medula óssea: Tecido que preenche as cavidades internas em um osso; pode ser dominado por células hematopoéticas (medula vermelha) ou por tecido adiposo (medula amarela).
Megacariócitos: Células da medula óssea responsáveis pela formação de plaquetas.
Meiose: Divisão celular que produz gametas com metade do complemento cromossômico somático normal.
Melanina: Pigmento marrom-amarelado produzido pelos melanócitos da pele.
Melanócito: Célula especializada encontrada nas camadas mais profundas do epitélio escamoso estratificado da pele, responsável pela produção de melanina.
Melanomas: Cânceres malignos de pele, muito perigosos, que envolvem melanócitos.
Melatonina: Hormônio secretado pela glândula pineal; inibe a secreção de MSH e gonadotropinas.
Membrana: Qualquer lâmina ou divisória; camada que consiste em epitélio e tecido conectivo subjacente.
Membrana basal: Camada de filamentos e fibras que ligam um epitélio ao tecido conectivo subjacente.
Membrana dos estatocônios: Agregações de cristais de carbonato de cálcio em membrana gelatinosa que se assenta sobre uma das máculas do sáculo e do utrículo.
Membrana interóssea: Membrana de tecido conectivo fibroso entre os corpos (diáfises) da tíbia e da fíbula ou do rádio e da ulna; exemplo de sindesmose.
Membrana sinovial: Camada interna incompleta de fibroblasto da cápsula articular que delimita a cavidade articular, mais o tecido conectivo frouxo subjacente.
Membrana tectória: Membrana gelatinosa suspensa sobre as células ciliadas do órgão espiral da audição (de Corti).
Membrana timpânica: Membrana que separa o meato acústico externo da orelha média; membrana cujas vibrações são transferidas para os ossículos da audição e, por fim, para a janela do vestíbulo (oval); o "tímpano".
"Membrana cutânea": Epiderme e camada papilar da derme.
Membranas excitáveis: Membranas que conduzem potenciais de ação, características das células musculares e nervosas.
Membranas extra-embrionárias: Saco vitelino, âmnio, cório e alantóide.
Menarca: Início da função menstrual; primeira descamação de endométrio e sangramento que normalmente ocorre na puberdade.
Meninges espinais: Membranas especializadas que revestem a medula espinal no interior do canal vertebral e fornecem proteção, estabilização, nutrição e absorção de choque para a medula espinal.
Meninges: Três membranas que circundam as superfícies do SNC; dura-máter, pia-máter e aracnóide-máter.
Meningite: Inflamação das meninges espinais ou encefálicas.
Meniscectomia: Remoção de um menisco.

Menisco: Placa de cartilagem fibrosa entre as superfícies opostas da articulação do joelho.
Menopausa: Cessação dos ciclos uterinos em conseqüência do processo de envelhecimento e exaustão dos folículos ováricos viáveis.
Menstruação: Sangramento e descamação de tecido endometrial, saindo pela vagina.
Merócrino: Método de secreção em que as células ejetam materiais por meio de exocitose.
Mesênquima: Tecido conectivo embrionário/fetal.
Mesentério: Camada dupla de túnica serosa (peritônio) que sustenta e estabiliza a posição de órgãos na cavidade abdominopélvica e proporciona uma via para os vasos sangüíneos, nervos e vasos linfáticos associados.
Mesoderma: Camada germinativa média que se situa entre o ectoderma e o endoderma do embrião.
Mesotélio: Epitélio escamoso simples que reveste uma das divisões da cavidade anterior do corpo; epitélio das túnicas serosas.
Metabolismo: Soma de todos os processos bioquímicos em andamento no interior do corpo humano em um determinado momento; inclui anabolismo e catabolismo.
Metabólitos: Compostos produzidos no corpo como resultado de reações metabólicas.
Metáfase: Estágio da mitose no qual os cromossomos se alinham ao longo do plano equatorial da célula.
Metáfise: Região de um osso longo entre a epífise e a diáfise, que corresponde à localização da cartilagem epifisial do osso em desenvolvimento.
Metaloproteínas: Proteínas plasmáticas que transportam íons de metal.
Metarteríola: Vaso que conecta uma arteríola a uma vênula e que fornece sangue para o plexo capilar. Também denominada *arteríola pré-capilar.*
Metástase: Disseminação de uma doença de um órgão para outro.
Metencéfalo: Ponte e cerebelo do encéfalo.
Mialgia: Dor muscular.
***Miastenia gravis*:** Fraqueza muscular causada por uma redução do número de locais de receptores de ACh na superfície do sarcolema; suspeita-se que seja um distúrbio auto-imune.
Micção: Ato de urinar.
Micela: Agregação esférica de sais biliares, monoglicerídeos e ácidos graxos na cavidade do intestino.
Microcefalia: Crânio anormalmente pequeno devido ao fechamento prematuro de um ou mais fontículos.
Micrófagos: Neutrófilos e eosinófilos.
Microfilamentos: Pequenos filamentos de proteína visíveis por meio do microscópio eletrônico; componentes do citoesqueleto.
Micróglia: Células da glia fagocitárias no SNC, derivadas dos monócitos do sangue.
Microtúbulos: Túbulos microscópicos que fazem parte do citoesqueleto e são encontrados em cílios, flagelos, centríolos e fibras dos fusos musculares.
Microvilosidades: Pequenas extensões em forma de dedo da membrana celular exposta de uma célula epitelial.
Mielencéfalo: O bulbo.
Mielina: Bainha isolante em torno do axônio, que consiste em diversas camadas de membrana de célula da glia; aumenta expressivamente a velocidade de condução do impulso nervoso ao longo do axônio.
Mielinização: Formação de mielina.
Mineralocorticóides: Corticosteróides produzidos pela zona glomerulosa do córtex supra-renal; esteróides como aldosterona, que afetam o metabolismo dos minerais.
Miocárdio: Tecido muscular cardíaco.
Miocardite: Inflamação do miocárdio.
Miofibrilas: Coleções organizadas de miofilamentos em células musculares esqueléticas e cardíacas.
Miofilamentos: Finos filamentos de proteína, compostos pelas proteínas actina (filamentos finos) e miosina (filamentos grossos).
Mioglobina: Pigmento que se liga ao oxigênio especialmente comum nas fibras esqueléticas e cardíacas lentas.
Miograma: Registro de tensão produzida por fibras musculares à estimulação.
Miométrio: Camada espessa de músculo liso na parede do útero.
Miopia: Incapacidade de acomodação para a visão para longe.
Miosina: Proteína componente dos miofilamentos espessos (grossos).
Miosite: Inflamação do tecido muscular.
Miosseptos: Divisórias de tecido conectivo que separam músculos esqueléticos adjacentes.
Mitocôndria: Organela intracelular responsável pela geração da maioria do ATP necessário para as operações celulares.
Mitose: Divisão de uma só célula que produz duas células-filhas idênticas; mecanismo primário de crescimento de tecido.
Modíolo: Eixo ósseo central da cóclea.
Mol: Quantidade de um elemento ou composto que tem massa em gramas igual a seu peso atômico ou molecular.
Molécula: Composto que contém dois ou mais átomos unidos por ligações químicas.
Monocinas: Secreções liberadas por células ativadas do sistema monócito-macrófago para coordenar vários aspectos da resposta imunológica.
Monócitos: Agranulócitos fagocitários (glóbulos brancos) no sangue circulante.
Monoglicerídeo: Lipídeo que consiste em um único ácido graxo ligado a uma molécula de glicerol.
Monossacarídeo: Açúcar simples, como glicose ou ribose.
Mórula: Coleção de células em forma de amora, produzida por divisões mitóticas de um zigoto.
Mucinas: Proteoglicanos responsáveis pelas propriedades lubrificantes do muco.
Muco: Secreção lubrificante produzida por glândulas unicelulares e multicelulares ao longo dos tratos digestório, respiratório, urinário e genital.
Mucosa: Túnica mucosa; epitélio mais lâmina própria.
Mucoso: Referente à presença ou produção de muco.
Multiplicação contracorrente: Transporte ativo entre duas partes de uma alça que contém um líquido que se move em uma direção; responsável pela concentração da urina nos túbulos renais.
Músculo: Órgão contrátil, composto de tecido muscular, vasos sangüíneos, nervos, tecido conectivo e vasos linfáticos.
Músculo detrusor: Músculo liso na parede da bexiga urinária.
Músculo esfincter do piloro: Esfincter de músculo liso que regula a passagem do quimo do estômago para o duodeno.
Músculo esquelético: Órgão contrátil do sistema muscular.
Músculo liso multi-unidades: Tecido muscular liso cujas células musculares são inervadas individualmente em unidades motoras.
Músculo multipeniforme: Músculo cujas fibras são organizadas e fixas em torno de vários tendões diferentes.
Músculo peniforme (bipenado): Músculo cujas fibras são organizadas em ambos os lados de um tendão comum.
Músculo semipeniforme (unipenado): Músculo cujas fibras são todas organizadas de um lado do tendão.
Narcolepsia: Transtorno do sono caracterizado por adormecer em momentos impróprios.
Narinas: Aberturas da cavidade nasal para o meio externo.
Narinas: Aberturas das cavidades nasais para o meio externo.
Necrose: Morte de células ou tecidos por doença ou lesão.
Nefrite: Inflamação do rim.
Nefrolitíase: Afecção que resulta da formação de cálculos renais.
Néfron: Unidade funcional básica do rim.
Néfrons justamedulares: Os 15% de néfrons cujas alças de Henle estendem-se na medula renal; esses néfrons são responsáveis pela criação de gradiente osmótico no interior da medula renal.
Neonato: Recém-nascido.
Neoplasia: Tumor ou massa de tecido anormal.
Nervo autônomo: Nervo composto de fibras autônomas pré e pós-ganglionares.
Nervo espinal: Um dos 31 pares de nervos que se originam na medula espinal pela união das raízes anteriores e posteriores.
Nervo glossofaríngeo: IX par de nervos cranianos.
Nervo hipoglosso: XII par de nervos cranianos, responsável pelo controle dos músculos que movem a língua.
Nervo isquiático: Nervo que inerva as porções pósteromediais da coxa e perna.
Nervo misto: Nervo que contém fibras sensitivas e motoras.
Nervo oculomotor: Nervo craniano III que inerva os músculos extrínsecos do bulbo do olho, exceto o oblíquo superior e o reto lateral.
Nervo óptico: Nervo que conduz os impulsos nervosos da retina até o quiasma óptico.
Nervo trigêmeo: Nervo craniano V, responsável por fornecer informações sensitivas da face, inclusive a mandíbula e a maxila, e por enviar comandos motores para os músculos da mastigação.
Nervo troclear: Nervo craniano IV, que controla o músculo oblíquo superior do bulbo do olho.
Nervo vago: Nervo craniano X, responsável pela maioria (75%) das eferências pré-ganglionares parassimpáticas do SNC.
Nervos cranianos: Nervos que se ligam ao encéfalo.
Nervos esplâncnicos: Fibras pré-ganglionares (mielínicas) simpáticas que terminam em um dos gânglios prévertebrais (colaterais).
Neuro-hipófise: Lobo posterior da hipófise.
Neurofibrilas: Microfibrilas no citoplasma de um neurônio.
Neurofilamentos: Microfilamentos no citoplasma de um neurônio.
Neuróglia: Células não-nervosas do SNC e do SNP que sustentam e protegem os neurônios; células da glia.
Neurolema: Superfície externa de uma célula da glia que circunda um axônio.
Neurônio: Célula nervosa.
Neurônio anaxônico: Neurônio do SNC que tem muitos processos, mas nenhum axônio aparente.
Neurônio multipolar: Neurônio com muitos dendritos e um único axônio, forma típica de um neurônio motor.
Neurônio pós-ganglionar: Neurônio autônomo em um gânglio, cujas atividades controlam efetores viscerais.
Neurônio pré-ganglionar: Neurônio motor visceral (autônomo) no interior do SNC, cuja eferência controla um ou mais neurônios motores pós-ganglionares no SNP.
Neurônio pseudounipolar (unipolar): Neurônio sensitivo cujo corpo celular situa-se em um gânglio sensitivo de nervo espinal ou em um gânglio sensitivo de um nervo craniano.
Neurônios motores gama: Neurônios motores que ajustam a excitabilidade dos fusos musculares (fibras intrafusais).

Neurotransmissor: Composto químico liberado por um neurônio para afetar o potencial de membrana de outra célula.
Neurotúbulos: Microtúbulos no citoplasma de um neurônio.
Neurulação: Processo embriológico responsável pela formação do SNC.
Neutrófilo: Micrófago fagocitário (granulócito, glóbulo branco) muito numeroso e em geral a primeira das células fagocitárias móveis a chegar na área de lesão ou infecção.
Neutropenia: Quantidade de neutrófilos no sangue circulante anormalmente baixa.
Nistagmo: Movimento contínuo involuntário dos olhos como se fosse para o ajuste ao movimento constante.
Nó (nodo): *Ver* **Lacuna (espaço) da bainha de mielina**. Área entre células da glia adjacentes onde a mielina que reveste o axônio está interrompida. Também chamado de *nó de Ranvier*.
Nó atrioventricular (AV): Cardiócitos especializados que conduzem impulso contrátil para o fascículo AV (feixe de His), para os ramos direito e esquerdo, os ramos subendocárdicos (fibras de Purkinje), e a parte ventricular do miocárdio; localizado no limite entre os átrios e ventrículos.
Nocicepção: Percepção da dor.
Nódulos linfáticos agregados: Nódulos linfáticos subjacentes ao epitélio do intestino delgado. Também chamados de *placas de Peyer*.
Noradrenalina: Catecolamina secretada pela medula da supra-renal, liberada na maioria das junções neuroefetoras simpáticas e em certas sinapses no interior do SNC; também chamada de norepinefrina.
Normovolêmico: Que tem volume sangüíneo normal.
Núcleo: Organela celular que contém DNA, RNA e proteínas; massa interna de substância cinzenta no SNC.
Núcleo caudado: Um dos núcleos da base envolvido no controle subconsciente da atividade muscular.
Núcleo pré-óptico: Núcleo hipotalâmico que coordena as atividades termorreguladoras.
Núcleo pulposo: Centro gelatinoso de um disco intervertebral.
Núcleo salivatório: Núcleo bulbar que controla as atividades secretoras das glândulas salivares.
Núcleo vestibular: Centro de processamento das sensações que chegam do aparelho vestibular na orelha interna; situado perto da margem entre a ponte e o bulbo.
Nucléolo: Região densa no núcleo que representa o local de síntese de RNA.
Nucleoplasma: Conteúdo líquido do núcleo.
Nucleoproteínas: Proteínas do núcleo, que em geral estão associadas com o DNA.
Núcleos da base: Núcleos do cérebro que estão envolvidos na regulação da atividade motora somática no nível subconsciente.
Nutriente: Composto orgânico que pode ser decomposto no corpo para produzir energia.
Obesidade: Peso corporal de 10 a 20% acima dos valores-padrão como resultado de acúmulo de gordura corporal.
Ocitocina: Hormônio produzido por células hipotalâmicas e secretado para os vasos capilares na neuro-hipófise; estimula as contrações de músculo liso do útero ou das glândulas mamárias na mulher, mas não tem função conhecida nos homens.
Ocular: Pertencente ao olho.
Olécrano: Extremidade proximal da ulna que forma a ponta proeminente do cotovelo.
Olfação: Sentido do olfato.
Oligodendrócitos: Células da glia no SNC, responsáveis pela manutenção da organização celular da substância cinzenta e por formar a bainha de mielina nas áreas de substância branca.
Omento maior: Grande projeção de peritônio do estômago que pende à frente dos intestinos.
Omento menor: Pequena projeção de peritônio que conecta a curvatura gástrica menor ao fígado.
Oncogene: Gene que pode transformar uma célula normal em uma célula cancerosa.
Oncologistas: Médicos especialistas no estudo e no tratamento de tumores.
Onda P: Deflexão do ECG que corresponde à despolarização atrial.
Onda T: Deflexão do ECG que corresponde à repolarização ventricular.
Oócito: Célula cujas divisões meióticas produzem um único óvulo e três corpos polares.
Ooforectomia: Remoção cirúrgica dos ovários.
Ooforite: Inflamação dos ovários.
Oogênese: Produção do óvulo.
Oogônia: Células-tronco nos ovários cujas divisões dão origem aos oócitos.
Ooplasma: Citoplasma do óvulo.
Opsina: Proteína, um componente estrutural do pigmento visual rodopsina.
Opsonização: Efeito de revestir um objeto com anticorpos; atração e ampliação da fagocitose.
***Ora serrata*:** Margem anterior da parte óptica da retina.
Oral: Pertencente à boca.
Órbita: Cavidade óssea do crânio que contém o bulbo do olho e estruturas oculares acessórias.
Orelha: Porção expandida projetada da orelha externa que circunda o meato acústico externo.
Orelha externa: A orelha, o meato acústico externo e a membrana timpânica.
Orelha interna: Os labirintos membranáceo e ósseo que contêm os órgãos da audição e do equilíbrio.
Orelha média: Espaço entre a orelha externa e a interna, que contém os ossículos da audição.
Organela: Estrutura intracelular que tem uma função ou grupo de funções específicas.
Organogênese: Formação de órgãos durante o desenvolvimento embrionário e fetal.
Órgão tendíneo (neurotendíneo): Receptor sensível à tensão em um tendão.
Órgãos: Combinações de tecidos que realizam funções complexas.
Orquiectomia: Remoção cirúrgica de um ou ambos os testículos.
Orquite: Inflamação dos testículos.
Osmoceptor: Receptor sensível às mudanças na osmolaridade do plasma.
Osmolaridade: Concentração total de materiais dissolvidos em uma solução, independentemente de suas identidades específicas, expressa em termos de moles.
Osmose: Movimento da água através de membrana semipermeável na direção de uma solução que contém concentração de soluto relativamente alta.
Ossículos: Pequenos ossos.
Ossículos da audição: Os ossos da orelha média: martelo, bigorna e estribo.
Ossificação: Formação de osso.
Ossificação endocondral: Conversão de um modelo cartilagíneo em osso; o modo característico de formação de elementos esqueléticos que não os ossos do crânio, clavícula e sesamóides.
Ossificação intramembranácea: Formação de osso dentro do tecido conectivo, sem desenvolvimento anterior de um modelo cartilagíneo.
Osso: *Ver* **Tecido ósseo**.
Osso metatarsal: Um dos cinco ossos do pé que se articulam com os ossos tarsais (proximalmente) e as falanges (distalmente).
Ossos metacarpais: Os cinco ossos da mão que se articulam com os ossos carpais (proximalmente) e as falanges (distalmente).
Ossos suturais: Ossos irregulares que se formam em tecido fibroso entre os ossos planos do crânio em desenvolvimento; também chamados de ossos wormianos.
Osteoblastos: Células que produzem osso no interior do tecido conectivo (ossificação intramembranácea) ou da cartilagem (ossificação endocondral); podem diferenciar-se em osteócitos.
Osteócito: Célula óssea responsável pela manutenção e reposição do conteúdo mineral do osso circundante.
Osteoclasto: Célula que dissolve as fibras e a matriz do osso.
Osteogênese: Produção de osso.
Osteóides: Componentes orgânicos da matriz óssea, produzidos por osteoblastos e osteócitos.
Osteólise: Degradação da matriz mineral do osso.
Osteona: Unidade histológica básica da substância óssea compacta composta de osteócitos organizados em torno de um canal central e separados por lamelas concêntricas.
Osteopenia: Condição de produção óssea inadequada no adulto, que leva à perda de massa e resistência óssea.
Osteoporose: Redução da massa e da resistência óssea suficiente para comprometer a função óssea normal.
Ótico: Pertencente à orelha.
Otite média: Inflamação na cavidade da orelha média.
Ovário: Órgão genital feminino.
Ovulação: Liberação de um oócito secundário, circundado por células da coroa radiada, após a ruptura da parede de um folículo terciário.
Óvulo: Gameta produzido pelo sistema genital da mulher.
Palatino: Pertencente ao palato.
Palato: Divisão horizontal que separa a cavidade oral da cavidade nasal e da parte nasal da faringe; pode ser dividido em palato duro (ósseo), anterior, e palato mole (muscular), posterior.
Palato duro: Teto ósseo da cavidade oral, formado pelos ossos maxila e palatino.
Palato mole: Extensão posterior muscular do palato duro, que separa a parte nasal da faringe da cavidade oral.
Palpar: Examinar pelo toque.
Pâncreas: Órgão digestório que contém tecidos exócrinos e endócrinos; a porção exócrina secreta suco pancreático; a porção endócrina secreta hormônios, inclusive insulina e glucagon.
Pancreatite: Inflamação do pâncreas.
Papanicolaou, exame de: Teste para detectar doenças oncológicas do trato genital feminino, em especial o colo do útero e o útero.
Papila: Projeção pequena e cônica.
Papila circunvalada: Uma das grandes papilas em forma de cúpula no dorso da língua, que forma o "V" que separa o corpo da língua da raiz.
Papila do duodeno: Projeção cônica da superfície interna (túnica mucosa) do duodeno que contém a abertura da ampola hepatopancreática.
Papila mamária (mamilo): Projeção epitelial elevada na superfície da mama que contém as aberturas dos seios lactíferos.
Papilas filiformes: Projeções cônicas finas no dorso dos dois terços anteriores da língua.
Papilas fungiformes: Papilas em forma de cogumelo dispersas no dorso da língua.
Paralisia: Perda da atividade motora voluntária em uma parte do corpo.
Paralisia cerebral: Afecção crônica que resulta de dano nas áreas motoras do cérebro durante o desenvolvimento ou o parto.
Paraplegia: Paralisia dos membros inferiores.

Parassagital: Secção ou plano que é paralelo ao plano sagital mediano, mas não passa ao longo da linha mediana.
Parede (membrana) vestibular: A membrana que separa a rampa média da rampa do vestíbulo na orelha interna.
Parênquima: Células de um tecido ou órgão que são responsáveis por desempenhar seu papel funcional.
Parestesia: Anormalidade sensitiva que produz sensação de formigamento.
Parietal: Referente à parede do corpo ou à camada externa.
Parkinson, doença de: Distúrbio motor progressivo causado pela degeneração de núcleos encefálicos.
Parte distal: A grande porção anterior da adeno-hipófise (lobo anterior da hipófise).
Parte intermédia: Porção da adeno-hipófise (lobo anterior da hipófise), imediatamente adjacente à neuro-hipófise e ao infundíbulo.
Parte laríngea da faringe: Parte da faringe inferior à epiglote e superior ao esôfago.
Parte nasal da faringe: Parte posterior aos cóanos, superior ao palato mole, que se continua na parte oral da faringe.
Parte nervosa da neuro-hipófise: Lobo posterior da hipófise.
Parte oral da faringe: Porção média da faringe, limitada superiormente pela parte nasal da faringe, anteriormente pela cavidade oral e inferiormente pela parte laríngea da faringe.
Parte parassimpática: Uma das duas partes do sistema nervoso autônomo; também conhecida como parte craniossacral; em geral, responsável por atividades que conservam energia e reduzem o metabolismo.
Parte pilórica: Região gástrica entre o corpo gástrico e o duodeno; inclui o músculo esfincter do piloro.
Parte simpática: Divisão do sistema nervoso autônomo, responsável pelas reações de "lutar ou fugir"; relacionada principalmente com a elevação da velocidade metabólica e com maior prontidão.
Parte toracolombar: Parte simpática do SNA.
Parto: Nascimento de uma criança, dar à luz.
Patela: Osso sesamóide do joelho.
Patogênico: Causador de doença.
Patologista: Médico especializado na identificação de doenças com base nas características estruturais e nas alterações funcionais em tecidos e órgãos.
Pedicelo: Processo delgado de um podócito que faz parte do aparelho de filtração dos glomérulos renais.
Pedículos: Hastes ósseas espessas que conectam o corpo vertebral aos processos articulares e espinhosos.
Pedúnculo cerebral: Massa de fibras nervosas na superfície ântero-lateral do mesencéfalo; contém tratos ascendentes que terminam no tálamo e tratos descendentes que se originam nos hemisférios cerebrais.
Pêlo: Faixa queratinosa produzida por células epiteliais do folículo piloso.
Pelve: Complexo ósseo criado pelas articulações entre os ossos do quadril, o sacro e o cóccix.
Pênis: Componente dos órgãos genitais externos masculinos; órgão copulatório que circunda a uretra e serve para introduzir sêmen na vagina.
Pepsina: Enzima proteolítica secretada pelas células principais das glândulas gástricas.
Pepsinogênio: Pró-enzima inativa secretada por células principais das fovéolas gástricas; depois da secreção, converte-se na enzima proteolítica pepsina.
Peptidases: Enzimas que quebram as ligações peptídicas e liberam aminoácidos.
Peptídeo natriurético atrial: Hormônio liberado por cardiócitos atriais especializados quando eles são estirados por um retorno venoso anormalmente grande; promove perda de líquido e reduções da pressão arterial e do retorno venoso.
Perfusão: Fluxo sangüíneo através de um tecido.
Pericárdio: Saco fibrosseroso que envolve o coração, cujo revestimento seroso mais interno é o próprio epicárdio.
Pericardite: Inflamação do pericárdio.
Pericário: Citoplasma que circunda o núcleo no corpo celular de um neurônio. Também é considerado como sendo o próprio corpo celular.
Pericôndrio: Camada que reveste uma cartilagem, consistindo em uma camada externa fibrosa e uma interna, celular.
Perilinfa: Líquido de composição semelhante à do líquido cerebrospinal; encontrada nos espaços entre o labirinto ósseo e o labirinto membranáceo da orelha interna.
Perimísio: Divisória de tecido conectivo que separa fascículos adjacentes no músculo esquelético.
Períneo: Região inferior ao soalho da pelve, com as estruturas associadas.
Perineuro: Divisória de tecido conectivo que separa feixes adjacentes de fibras nervosas num nervo.
Período refratário: Período entre o início de um potencial de ação e a restauração do potencial de repouso normal; nesse período, a membrana não responde normalmente à estimulação.
Periodonto (ligamento periodontal): Fibras colágenas que fixam o cemento de um dente ao periósteo do osso alveolar circundante.
Periósteo: Camada que reveste um osso, consistindo numa camada externa fibrosa e uma interna, celular.
Peristalse (peristaltismo): Onda de contrações de músculo liso que impele os materiais ao longo de um tubo como o trato digestório, os ureteres ou o ducto deferente.
Peristalse em massa: Contração peristáltica poderosa que move as fezes ao longo dos colos e do reto.
Peritônio: Túnica serosa que reveste a cavidade abdominopélvica, delimitando a cavidade peritoneal.
Peritonite: Inflamação do peritônio.
Permeabilidade: Facilidade com que os materiais dissolvidos podem atravessar uma membrana; se for livremente permeável, qualquer molécula pode atravessar a membrana; se for impermeável, nada pode atravessá-la; a maioria das membranas biológicas são seletivamente permeáveis.
Peroxissomo: Vesícula membranácea contendo enzimas que degradam peróxido de hidrogênio (H_2O_2).
Peso molecular: Soma dos pesos atômicos dos átomos em uma molécula.
Petroso: Pétreo; em geral usado para denominar a parte espessada do osso temporal que contém a orelha interna.
Peyer, placas de: *Ver* **Nódulos linfáticos agregados**.
pH: Expoente negativo da concentração iônica de hidrogênio, em moles por litro.
Pia-máter: Delicada camada meníngea interna que está em contato direto com o tecido nervoso do SNC.
Pielograma: Imagem radiográfica dos rins e ureteres.
Pielonefrite: Inflamação dos rins.
Pigmento: Composto com uma cor característica.
Piloereção: Efeito de "pele de galinha" produzido pela contração dos músculos eretores dos pêlos da pele.
Pinealócitos: Células secretoras da glândula pineal.
Pinocitose: Introdução de líquidos no citoplasma envolvendo-os em vesículas membranáceas na superfície celular.
Pirexia: Febre.
Pirimidina: Composto N com estrutura em forma de anel; são exemplos citosina, timina e uracil, bases nitrogenadas comuns nos ácidos nucléicos.
Placenta: Estrutura complexa na parede uterina que permite a difusão entre os sistemas circulatórios fetal e materno.
Placentação: Formação de placenta funcional depois da implantação de um blastocisto no endométrio.
Plano frontal: Plano de secção que divide o corpo em porções anterior e posterior.
Plano sagital mediano: Plano que passa através da linha mediana do corpo, dividindo-o em metades esquerda e direita.
Plano sagital: Plano de secção que divide o corpo nas partes esquerda e direita.
Planta: Superfície inferior do pé.
Plantar: Referente à planta do pé.
Plaquetas: Pequenos blocos de citoplasma que contêm enzimas importantes para a resposta de coagulação; fabricadas na medula óssea por células chamadas **megacariócitos**.
Plasma: Substância fundamental líquida do sangue total; o que resta depois que as células foram removidas de uma amostra de sangue total.
Plasmalema: Membrana celular.
Plasmócito: Células B ativadas que secretam anticorpos. Também denominada *célula plasmática.*
Pleura: Túnica serosa que reveste os pulmões e delimita as cavidades pleurais.
Pleurite: Inflamação da pleura.
Plexo: Rede entrelaçada complexa de nervos ou vasos sangüíneos.
Plexo braquial: Rede formada pelos ramos anteriores dos nervos espinais C5-T1 no trajeto para inervar o membro superior.
Plexo corióideo: Tecido vascularizado no terceiro e quarto ventrículos, e ventrículos laterais do encéfalo, responsável pela produção de LCE.
Plexo mioentérico: Neurônios motores parassimpáticos e fibras pós-ganglionares simpáticas localizadas entre as camadas circular e longitudinal da túnica muscular.
Pneumotórax: Introdução de ar na cavidade pleural.
Podócito: Célula cujos processos circundam os vasos capilares glomerulares e ajudam no processo de filtração.
Policitemia: Hematócrito anormalmente elevado devido à presença de número excessivo de elementos formados, especialmente glóbulos vermelhos.
Polimorfo: Leucócito polimorfonuclear; neutrófilo.
Polipeptídeo: Cadeia de aminoácidos unidos por ligações peptídicas; os que contêm mais de 100 peptídeos são chamados de proteínas.
Polissacarídeo: Açúcar complexo, como glicogênio ou amido.
Poliúria: Produção excessiva de urina.
Ponte: Porção do metencéfalo anterior ao cerebelo.
Ponte cruzada: Cabeça de miosina que se projeta da superfície de um filamento espesso e que pode ligar-se a um local ativo do filamento fino na presença de íons cálcio.
Poplíteo: Pertencente à região posterior do joelho.
Porfirinas: Moléculas em forma de anel que constituem a base de importantes pigmentos respiratórios e metabólicos, inclusive heme e citocromos.
Porta do fígado: Região na face visceral do fígado atravessada pela artéria hepática própria, pela veia porta do fígado e pelo ducto hepático comum.
Posição anatômica: Uma posição anatômica de referência; o corpo visto pela superfície anterior, com as palmas das mãos voltadas para a frente (supinação).
Posterior: Na direção dorsal.
Potencial de ação: Alteração de condução que ocorre no potencial transmembrana de células excitáveis, iniciada por uma mudança na permeabilidade da membrana aos íons sódio: *ver* **Impulso nervoso**.
Potencial de membrana (transmembrana): Diferença de potencial, em milivolts, medida através da membrana celular; diferença de potencial que resulta da distribui-

ção não-uniforme de íons positivos e negativos através da membrana celular.

Potencial de repouso: Potencial de membrana de uma célula normal em condições homeostáticas.

Pré-molares: Dentes bicúspides, com faces oclusais achatadas, localizados anteriormente aos dentes molares.

Prega: Dobra transversal interna permanente na parede do intestino delgado.

Pregas vestibulares: Pregas mucosas nas paredes laríngeas que não desempenham um papel na produção do som; as falsas pregas vocais.

Pregas vocais: Pregas internas na parede da laringe que contêm elementos elásticos, cuja tensão pode ser ajustada voluntariamente; as pregas vocais "verdadeiras", responsáveis pela fonação.

Prepúcio: Prega frouxa de pele que circunda a glande do pênis (homens) ou o clitóris (mulheres).

Presbiopia: Visão para longe; incapacidade de acomodar a visão para perto.

Pressão arterial: Força exercida contra as paredes vasculares pelo sangue, como resultado do impulso exercido pela contração cardíaca e da elasticidade das paredes das artérias. Em geral, é medida ao longo de uma das artérias musculares, sendo a pressão sistólica medida durante a sístole ventricular e a pressão diastólica, durante a diástole ventricular.

Pressão diastólica: Pressão medida nas paredes da artéria muscular quando o ventrículo esquerdo está em diástole.

Pressão hidrostática: Pressão de líquido.

Pressão intra-ocular: Pressão hidrostática exercida pelo humor aquoso do bulbo do olho.

Pressão intrapleural: Pressão medida na cavidade pleural; também chamada de pressão intratorácica.

Pressão intrapulmonar: Pressão medida no alvéolo; também chamada de pressão intra-alveolar.

Pressão osmótica: Força do movimento osmótico da água; pressão que precisa ser aplicada para evitar movimento osmótico através de uma membrana.

Pressão sistólica: Pressão arterial máxima medida durante a sístole ventricular.

Pró-enzima: Enzima inativa secretada por uma célula epitelial.

Pró-núcleo: Núcleo aumentado do ovo ou do espermatozóide que se forma depois da fertilização, mas antes da anfimixia.

Processo coracóide: Processo em forma de gancho da escápula que se projeta acima da superfície anterior da cápsula da articulação do ombro.

Processo espinhoso: Projeção posterior proeminente de uma vértebra, formada pela fusão de duas lâminas do arco vertebral.

Processo xifóide: Extensão inferior delgada do esterno.

Prófase: Fase inicial da mitose, caracterizada pelo aparecimento de cromossomos, pela degradação da membrana nuclear e pela formação do fuso mitótico.

Progesterona: A progestina mais importante secretada pelo corpo lúteo depois da ovulação.

Progestinas: Hormônios esteróides estruturalmente relacionados com o colesterol.

Prognóstico: Previsão referente à possibilidade ou ao tempo de recuperação de uma determinada doença.

Prolactina: Hormônio que estimula o desenvolvimento funcional da glândula mamária em mulheres; secretada pela adeno-hipófise.

Prolapso: Descida ou protrusão anormal de parte de um órgão, como a vagina ou o canal anal.

Pronação: Rotação medial do antebraço que faz a palma da mão voltar-se para posterior.

Properdina: Fator de complemento que prolonga e amplia o complemento não-dependente de anticorpo que se liga às paredes da célula bacteriana.

Propriocepção: Consciência das posições de ossos, articulações e músculos.

Prostaglandina: Lipóide secretado por uma célula que altera as atividades ou sensibilidades metabólicas das células adjacentes; às vezes, é chamada de *hormônio local.*

Próstata: Glândula acessória do trato genital masculino que contribui com cerca de um terço do volume do sêmen.

Prostatectomia: Remoção cirúrgica da próstata.

Prostatite: Inflamação da próstata.

Protease: *Ver* **Proteinase**.

Proteína: Grande polipeptídeo com estrutura complexa.

Proteínas globulares: Proteínas cuja estrutura terciária as torna arredondadas e compactas.

Proteinase: Enzima que degrada proteínas em peptídeos e aminoácidos.

Proteinúria: Quantidades anormais de proteína na urina.

Proteoglicano: Composto que contém um grande complexo de polissacarídeos ligado a uma proteína relativamente pequena; são exemplos o ácido hialurônico e o sulfato de condroitina.

Prótese: Substituto artificial para uma parte do corpo.

Próton: Partícula fundamental que tem carga positiva.

Protrombina: Pró-enzima circulante da via comum do sistema de coagulação; convertida em trombina pela enzima tromboplastina.

Protrusão (protração): Movimento anterior no plano horizontal.

Proximal: Na direção da base conectada de um órgão ou estrutura.

Prurido: Coceira.

Pseudópodes: Extensões citoplasmáticas temporárias típicas de células móveis ou fagocitárias.

Psoríase: Problema de pele caracterizado por produção excessiva de queratina e formação de placas secas e descamativas na superfície do corpo.

Puberdade: Período de crescimento rápido, amadurecimento sexual e aparecimento de características sexuais secundárias; em geral, ocorre entre 10 e 15 anos de idade.

Púbis: Componente ântero-inferior do quadril.

Pudendo: Órgãos genitais externos.

Pulmões: Par de órgãos da respiração envoltos pelas cavidades pleurais esquerda e direita.

Pulpite: Inflamação dos tecidos da cavidade pulpar.

Pupila: Abertura no centro da íris através da qual a luz atinge a retina.

Purina: Um composto N com estrutura em forma de anel; são exemplos adenina e guanina, duas bases nitrogenadas comuns nos ácidos nucléicos.

Purkinje, célula de: Neurônio grande e ramificado do córtex cerebelar.

Purkinje, fibras de: Cardiócitos condutores especializados nos ventrículos (ramos subendocárdicos).

Pus: Acúmulo de resíduos, líquidos, células mortas ou tecido necrótico.

Putame: Núcleo cerebral envolvido na integração de informações sensitivas antes da projeção para os hemisférios cerebrais; execução dos movimentos automáticos.

Quarto ventrículo: Ventrículo alongado do metencéfalo (ponte e cerebelo) e do mielencéfalo (bulbo); o teto contém plexo corióideo.

Queratina: Proteína dura e fibrosa, que é componente de unhas, pêlos, calos e superfície tegumentar em geral.

Queratinização: Produção de queratina por células epiteliais.

Queratinizado: Que contém grandes quantidades de queratina.

Querato-hialina: Proteína no interior de queratinócitos em amadurecimento.

Quiasma óptico: Cruzamento em X dos nervos ópticos direito e esquerdo.

Quilomícrons: Gotículas relativamente grandes que podem conter triglicérides, fosfolipídeos e colesterol em associação com proteínas; sintetizados e liberados nas células intestinais e transportados para o sangue venoso através do sistema linfático.

Quimiocepção: Detecção de alterações nas concentrações de compostos ou gases dissolvidos.

Quimiotaxia: Atração de células fagocíticas para a fonte de substâncias químicas anormais nos líquidos teciduais.

Quimo: Mistura semilíquida de alimento ingerido e secreções digestivas que é encontrada no estômago conforme a digestão prossegue.

Quimotripsina: Uma protease encontrada no intestino delgado.

Quimotripsinogênio: Pró-enzima inativa secretada pelo pâncreas que posteriormente é convertida em quimotripsina.

Quinosina: Enzima gástrica que degrada as proteínas do leite.

Radiodensidade: Resistência relativa à passagem dos raios X.

Radiopaco: Que tem radiodensidade relativamente alta.

Rafe: Uma costura; linha de união entre metades simétricas.

Raiz do pêlo: Estrutura espessada e cônica que consiste em uma papila de tecido conectivo e a matriz sobrejacente; camadas de células epiteliais que produzem a haste do pêlo.

Ramo: Uma divisão de uma parte maior.

Ramo comunicante branco: Feixe nervoso que contém os axônios mielínicos pré-ganglionares dos neurônios simpáticos no caminho para o tronco simpático.

Ramo comunicante cinzento: Feixe de fibras nervosas simpáticas pós-ganglionares que atinge um nervo espinal para distribuição aos efetores da parede corporal, pele e membros.

Ramos comunicantes: Feixes de axônios que ligam os nervos espinais com os gânglios do tronco simpático.

Ramos direito e esquerdo (de condução): Células condutoras especializadas nos ventrículos que conduzem o impulso contrátil do fascículo atrioventricular (feixe de His) para os ramos subendocárdicos (fibras de Purkinje).

Rampa do tímpano: Câmara cheia de perilinfa da orelha interna, limitada pela lâmina (membrana) basilar; as alterações de pressão aqui distorcem a membrana timpânica secundária na janela da cóclea (redonda).

Rampa do vestíbulo: Câmara cheia de perilinfa da orelha interna, limitada pela parede (membrana) vestibular; as alterações de pressão resultam das distorções na janela do vestíbulo (oval).

Rampa média: Câmara central, cheia de endolinfa na cóclea; *ver* **Ducto coclear**.

Reação de decomposição: Reação química que quebra uma molécula em fragmentos menores.

Receptores alfa: Receptores de membrana sensíveis à adrenalina (epinefrina) ou noradrenalina (norepinefrina); a estimulação em geral resulta em excitação da célula-alvo.

Receptores beta: Receptores de membrana sensíveis a adrenalina (epinefrina); sua estimulação pode resultar em excitação ou inibição da célula-alvo.

Receptores de estiramento: Receptores que respondem ao estiramento dos tecidos circundantes.

Receptores muscarínicos: Receptores de membrana sensíveis à acetilcolina (ACh) e à muscarina, uma toxina produzida por certos cogumelos; encontrados em todas as junções neuroefetoras parassimpáticas e em algumas junções neuroefetoras simpáticas.

Receptores nicotínicos: Receptores de ACh encontrados nas superfícies de células pós-ganglionares simpáticas e

parassimpáticas, que também respondem ao composto nicotina.

Rede: Malha entrelaçada de vasos sangüíneos ou outras passagens.

Redução: Ganho de átomos ou elétrons de hidrogênio, ou perda de uma molécula de oxigênio.

Reflexo: Resposta rápida e automática a um estímulo.

Reflexo aórtico: Reflexo baroceptor desencadeado pelo aumento da pressão aórtica; leva à redução do débito cardíaco e à queda da pressão sanguínea sistêmica.

Reflexo baroceptor: Alteração reflexa da atividade cardíaca em resposta a alterações da pressão arterial.

Reflexo contralateral: Reflexo que afeta o lado do corpo oposto ao do estímulo.

Reflexo da insuflação: Reflexo mediado pelo nervo vago que impede a superexpansão dos pulmões.

Reflexo do seio carótico: Alterações reflexas da pressão sangüínea que mantêm as pressões homeostáticas no seio carótico, estabilizando o fluxo sangüíneo para o encéfalo.

Reflexo em massa: Hiper-reflexia em área inervada por segmentos da medula espinal distal à área de lesão.

Reflexo enterogástrico: Inibição reflexa da secreção gástrica iniciada pela chegada do quimo ácido no intestino delgado.

Reflexo flexor: Contração reflexa dos músculos flexores de um membro em resposta a um estímulo desagradável.

Reflexo gastrentérico: Aumento do peristaltismo ao longo do intestino delgado, desencadeado pela chegada de alimento no estômago.

Reflexo gastroileal: Movimentos peristálticos que desviam materiais do íleo para o colo, desencadeados pela chegada de alimento no estômago.

Reflexo intersegmentar: Reflexo que envolve vários segmentos da medula espinal.

Reflexo monossináptico: Reflexo no qual as fibras sensitivas fazem sinapse diretamente com os neurônios motores.

Reflexo polissináptico: Reflexo com interneurônios (neurônios de associação) interpostos entre a fibra sensitiva e o(s) neurônio(s) motor(es).

Refração: Deflexão dos raios de luz quando eles passam de um meio para outro.

Região inguinal: Área perto da junção do tronco e das coxas, junto aos órgãos genitais externos.

Relaxina: Hormônio que afrouxa a sínfise púbica; hormônio secretado pela placenta.

Renal: Pertencente aos rins.

Renina: Enzima liberada pelas células justaglomerulares quando a pressão sangüínea renal ou PO_2 declina; converte angiotensinogênio em angiotensina I.

Replicação: Duplicação.

Repolarização: Movimento do potencial de membrana para longe dos valores positivos em milivolt (mV) e na direção do potencial de repouso.

Reserva expiratória: Quantidade de ar adicional que pode ser voluntariamente movido para fora do trato respiratório depois de expiração corrente normal.

Reserva inspiratória: Quantidade máxima de ar que pode ser levado para os pulmões acima do volume corrente.

Resíduos nitrogenados: Resíduos orgânicos, produtos do metabolismo, que contêm nitrogênio, como uréia, ácido úrico e creatinina.

Respiração: Difusão de gases entre células vivas e o ambiente; inclui ventilação pulmonar, respiração externa, respiração interna e respiração celular.

Respiração interna: Difusão de gases entre o sangue e o líquido intersticial.

Resposta de coagulação: Série de eventos que resultam na formação de um coágulo.

Resposta fásica: Padrão de resposta à estimulação por neurônios sensitivos que normalmente são inativos; a estimulação causa uma manifestação repentina de atividade neural que termina quando o estímulo pára ou não muda de intensidade.

Ressuscitação cardiopulmonar: Método para manter artificialmente as funções respiratória e circulatória.

Retículo endoplasmático liso (agranular): Organela membranácea onde ocorre a síntese e o armazenamento de lipídeos e carboidratos.

Retículo endoplasmático rugoso (granular) (RER): Organela membranosa que é um local de síntese e armazenamento de proteína.

Retículo endoplasmático: Rede de canais membranosos no citoplasma de uma célula que tem função no transporte, na síntese, no armazenamento, no agrupamento e na secreção intracelular.

Reticulócitos: Último estágio no amadurecimento dos glóbulos vermelhos; normalmente, os glóbulos vermelhos mais jovens presentes no sangue.

Retina: A túnica mais interna do bulbo do olho, que reveste a câmara vítrea, também conhecida como túnica nervosa.

Retináculo dos músculos extensores: Espessamento da fáscia do antebraço no punho, ou da perna no tornozelo, formando uma faixa de tecido conectivo denso que prende os tendões dos músculos extensores no lugar.

Retineno: Pigmento visual derivado da vitamina A.

Reto: Os últimos 15 cm do trato digestório, antes do canal anal.

Retração: Movimento posterior no plano horizontal.

Retroalimentação (*feedback*) negativa: Mecanismo corretivo que se opõe ou rejeita uma variação dos limites normais.

Retroalimentação (*feedback*) positiva: Mecanismo que aumenta o desvio dos limites normais depois de um estímulo inicial.

Retroflexão: Inclinação posterior do útero que não tem significado clínico.

Retroperitoneal: Situado atrás ou externamente ao peritônio.

Reumatismo: Afecção caracterizada por dor nos músculos, tendões, ossos ou articulações.

Reverberação: Retroalimentação (*feedback*) positiva ao longo de uma cadeia de neurônios, de modo que permanecem ativos, uma vez estimulados.

Ribossomo: Organela que contém RNAr e proteínas essenciais para a translação de RNAm e síntese de proteína.

Rigidez cadavérica (*rigor mortis*): Contração muscular generalizada e rigidez que ocorre após a morte, como resultado de liberação de íons cálcio do RS e da exaustão das reservas citoplasmáticas de ATP.

Rim: Órgão do sistema urinário; órgão que funciona na regulação da composição plasmática, incluindo a excreção de resíduos e a manutenção do equilíbrio hidreletrolítico normal.

Rizotomia: Secção cirúrgica de uma raiz posterior, em geral realizada para aliviar a dor.

RNA mensageiro (RNAm): RNA formado na transcrição para síntese de proteína direta no citoplasma.

Rodopsina: Pigmento visual encontrado nos discos de membrana dos segmentos distais de bastonetes.

Rostral: Na direção do nariz; usado ao se referir à posição relativa dentro do crânio.

"*Rouleaux*" eritrocitário: Pilha de glóbulos vermelhos (hemácias, eritrócitos) aglutinados.

Ruffini, corpúsculos de: Receptores sensíveis à tensão e ao estiramento na derme da pele.

Rugas: Pregas mucosas no revestimento do estômago vazio que desaparecem conforme ocorre distensão gástrica.

Saco lacrimal: Câmara que recebe lágrimas dos canalículos lacrimais.

Saco vitelino: Uma das três membranas extra-embrionárias, composta por uma camada interna de endoderma e uma camada externa de mesoderma.

Saculações do colo: Bolsas em forma de saco ao longo da extensão do intestino grosso que resultam da tensão nas tênias do colo.

Sáculo alveolar: Câmara cheia de ar formada por vários alvéolos.

Sáculo: Porção do labirinto membranáceo da orelha interna responsável pelo equilíbrio estático.

Sais biliares: Derivados de esteróides na bile, responsáveis pela emulsificação dos lípideos ingeridos.

Sarcolema: Membrana celular de célula muscular.

Sarcoma: Tumor de tecidos conectivos.

Sarcômero: Menor unidade contrátil de uma célula de músculo estriado.

Sarcoplasma: Citoplasma de célula muscular.

Schlemm, canal de (seio venoso da esclera): Passagem que leva humor aquoso da câmara anterior do olho até a circulação venosa.

Schwann, células de: Células da glia responsáveis pelo neurolema que circunda axônios no SNP.

Sebo: Secreção serosa que reveste as superfícies dos pêlos.

Secreção apócrina: Modo de secreção em que a célula glandular dispersa porções de seu citoplasma.

Secreção holócrina: Forma de secreção exócrina na qual a célula secretora fica edemaciada com vesículas e, a seguir, se rompe.

Secretina: Hormônio duodenal que estimula a secreção de tampão pancreático e inibe a atividade gástrica.

Seio: Câmara oca em um tecido; veia grande e dilatada.

Seio carótico: Segmento inicial dilatado da artéria carótida interna, cujas paredes contêm baroceptores sensíveis às alterações da pressão arterial.

Seio lactífero: Porção expandida de um ducto lactífero adjacente à papila mamária.

Seio maxilar: Um dos seios paranasais; câmara cheia de ar, revestida por epitélio respiratório, que se localiza na maxila e se abre na cavidade nasal.

Seios paranasais: Câmaras ósseas revestidas por epitélio respiratório que se abrem na cavidade nasal; são os seios frontal, esfenoidal, maxilar e as células etmoidais.

Sêmen: Líquido ejaculado que contém espermatozóides e secreções de glândulas acessórias do trato genital masculino.

Senescência: Envelhecimento.

Septos: Divisórias que subdividem um órgão.

Serosa: *Ver* **Túnica serosa**.

Serotonina: Neurotransmissor no SNC; composto que amplia a inflamação e é liberado por mastócitos e basófilos ativados.

Sesamóide: Osso que se forma junto a um tendão.

Simpatectomia: Transecção da inervação simpática para uma região.

Sinal: Termo clínico para evidência objetiva da presença de uma doença.

Sinapse: Local de comunicação entre uma célula nervosa e algumas outras células; se a outra célula não for um neurônio, o termo *junção neuroefetora* é usado com freqüência.

Sinapse colinérgica: Sinapse na qual a membrana présináptica libera ACh à estimulação.

Sinapse não-vesicular: Sinapse encontrada entre neurônios do SNC e SNP. Também denominada *sinapse elétrica.*

Sinapse neuromuscular: Tipo específico de junção neuroefetora do músculo esquelético. Também denominada *junção neuromuscular.*

Sinapse vesicular: A sinapse neuronal mais abundante. Também denominada *sinapse química.*

Sinartrose: Articulação fibrosa que não permite movimento relativo entre os elementos que se articulam.

Sincício: Massa multinucleada de citoplasma, produzida pela fusão de células ou por mitoses repetidas sem citocinese.
Sinciciotrofoblasto: Camada citoplasmática multinucleada que cobre o blastocisto; camada responsável pela erosão uterina e pela implantação.
Sincondrose: Sinartrose cartilagínea, como a articulação entre a epífise e a diáfise de um osso em crescimento.
Síncope: Perda repentina e transitória de consciência; desmaio.
Sindesmose: Subtipo de articulação fibrosa.
Síndrome: Conjunto distinto de sintomas que ocorrem juntos.
Síndrome da imunodeficiência adquirida (AIDS): Doença causada pelo **vírus da imunodeficiência humana** (**HIV**), caracterizada pela destruição das células T auxiliares e pela deterioração da resposta imunológica decorrente.
Sinérese: Retração de coágulo.
Sinergista: Músculo que auxilia um músculo agonista na realização de sua ação primária.
Sínfise: Anfiartrose fibrosa, como entre as vértebras adjacentes ou entre os ossos púbis do quadril.
Sínfise púbica: Anfiartrose fibrocartilagínea entre os ossos púbis do quadril.
Sinostose: União formada por meio da fusão dos elementos da articulação devido a ossificação.
Sinóvia (líquido sinovial): Substância secretada por membranas sinoviais que lubrifica as articulações sinoviais.
Síntese: Fabricação; anabolismo.
Sintoma: Termo clínico para alteração de função devido à presença de doença.
Sinusite: Inflamação de um seio paranasal.
Sistema: Grupo de órgãos que interagem e realizam uma ou mais funções específicas.
Sistema ativador reticular ascendente (SARA): Parte da formação reticular responsável pela ativação e manutenção da consciência pelo córtex cerebral.
Sistema circulatório: A rede de vasos linfáticos e sangüíneos envolvida na circulação e na recirculação de líquido extracelular.
Sistema digestório: Tubo digestório e glândulas associadas.
Sistema endócrino: As glândulas endócrinas do corpo.
Sistema límbico: Grupo de núcleos e centros no cérebro e no diencéfalo que estão envolvidos em estados emocionais, memórias e estratégias comportamentais.
Sistema nervoso autônomo (SNA): Centros, núcleos, tratos, gânglios e nervos envolvidos na regulação das funções viscerais; inclui componentes do SNC e do SNP.
Sistema nervoso central (SNC): O encéfalo e a medula espinal.
Sistema nervoso periférico (SNP): Todo o tecido nervoso fora do SNC.
Sistema nervoso somático: Sistema de fibras nervosas que faz percurso a partir do SNC para os músculos esqueléticos.
Sistema porta-hipofisial: Rede de vasos que transporta sangue dos capilares no hipotálamo até os capilares na adeno-hipófise (lobo anterior da hipófise).
Sístole: Período de contração cardíaca.
Solução: Líquido que contém materiais dissolvidos.
Soluto: Material dissolvido em uma solução.
Solvente: Líquido que compõe uma solução.
Soma: Corpo.
Somático: Pertencente ao corpo.
Somatomedinas: Compostos que estimulam tecido de crescimento, liberado pelo fígado depois da secreção de hormônio do crescimento (HC).
Somatória: Adição temporal ou espacial de estímulos.
Somatostatina: HC-HI (GH-IH), hormônio regulatório hipotalâmico que inibe a secreção de HC pela adeno-hipófise.
Somatotropina: Hormônio do crescimento produzido pela adeno-hipófise em resposta a GH-RH.
Soro: Plasma sangüíneo do qual os agentes de coagulação foram removidos.
Subclávio: Pertencente à região abaixo da clavícula.
Subluxação: Deslocamento parcial de uma articulação.
Substância branca: Regiões do SNC que são dominadas por axônios mielínicos.
Substância cinzenta: Áreas do sistema nervoso central dominadas por corpos celulares de neurônios, células da glia e axônios não-mielinizados (amielínicos).
Substância cromatofílica: Ribossomos, aparelho de Golgi, retículo endoplasmático rugoso (RER) e mitocôndrias do corpo da célula nervosa, ou pericário, de uma célula nervosa típica; também denominados *corpos de Nissl.*
Substância esponjosa: Substância óssea trabecular, composta por uma rede de trabéculas ósseas.
Substância negra: Núcleo no mesencéfalo que é responsável pelo controle da retroalimentação negativa dos núcleos da base.
Substância óssea compacta: Osso denso que contém osteonas paralelas.
Substrato: Participante (produto ou reagente) na reação de enzima catalisada.
Suco pancreático: Mistura de tampões e enzimas digestivas que é descarregada no duodeno, sob a estimulação das enzimas secretina e colecistoquinina.
Sulco: Fenda ou depressão linear.
Sulco central: Sulco na superfície do hemisfério cerebral, entre as áreas motora e sensitiva primárias do córtex.
Sulfato de condroitina: Proteoglicano predominante na cartilagem, responsável pela consistência gelatinosa da matriz cartilagínea.
Superior: Referência de direção, significando para cima.
Supinação: Rotação lateral do antebraço, de modo que a palma da mão volte-se para anterior.
Surfactante (tensoativo): Secreção de lipídeo que reveste a superfície interna dos alvéolos pulmonares e impede seu colapso.
Sutura: Articulação fibrosa entre ossos do crânio.
Sutura lambdóidea: Articulação fibrosa entre os ossos parietais e occipital.
Tálamo: Partes do diencéfalo.
Talassemia: Distúrbio hereditário que afeta a síntese da hemoglobina e produz anemia.
Tampão: Composto que estabiliza o pH de uma solução pela remoção ou liberação de íons hidrogênio.
Tamponamento cardíaco: Compressão do coração devido ao acúmulo de líquido na cavidade do pericárdio.
Taquicardia: Freqüência cardíaca anormalmente rápida.
Tátil: Pertencente ao sentido do tato.
Tecido: Coleção de células especializadas e produtos celulares que realiza uma função específica.
Tecido adiposo: Tecido conectivo frouxo dominado por adipócitos.
Tecido cavernoso: Tecido erétil que pode ficar congestionado com sangue; encontrado no pênis e no clitóris.
Tecido cicatricial: Tecido espesso e colagenoso que se forma no local de uma lesão.
Tecido conectivo frouxo: Tecido conectivo de organização frouxa, facilmente distorcido, que contém vários tipos de fibra, uma população variada de células e substância fundamental viscosa.
Tecido conectivo: Um dos quatro tipos de tecido primário; fornece um apoio estrutural para o corpo, estabilizando as posições relativas de outros tipos de tecido; inclui tecido conectivo próprio, cartilagem, osso e sangue; sempre contém produtos celulares, células e substância fundamental.
Tecido do músculo esquelético: Tecido contrátil dominado por fibras esqueléticas; caracterizado como músculo estriado e voluntário.
Tecido do músculo liso: Tecido muscular encontrado nas paredes de muitos órgãos; caracterizado como músculo não-estriado e involuntário.
Tecido muscular liso visceral: Tecido muscular liso que forma camadas nas paredes das vísceras; as células podem não ser inervadas diretamente e a camada, em geral, apresenta automaticidade (contrações rítmicas).
Tecido muscular: Tecido caracterizado pela presença de células capazes de contração; inclui tecido muscular esquelético, cardíaco e liso.
Tecido ósseo: Tecido conectivo resistente que contém células especializadas e matriz mineralizada de fosfato de cálcio cristalino e carbonato de cálcio.
Tecidos colagenosos: Tecidos conectivos densos nos quais as fibras de colágeno são o tipo dominante; incluem tecidos conectivos densos regulares e irregulares.
Técnicas radiográficas: Métodos de visualização de estruturas internas usando várias formas de energia de radiação.
Tegumento comum: A pele e os órgãos associados (pêlos, glândulas, receptores, etc.).
Tela subcutânea: Camada de tecido conectivo frouxo subjacente à derme; também chamada de **hipoderme** ou "fáscia superficial".
Tela submucosa: Camada entre a lâmina muscular da mucosa e a túnica muscular.
Tela subserosa: Camada de tecido conectivo frouxo subjacente às túnicas serosaa que revestem as cavidades torácica e abdominopélvica.
Telencéfalo: O cérebro.
Telencéfalo: Prosencéfalo ou cérebro, que inclui os hemisférios cerebrais, a cápsula interna e os núcleos da base.
Telófase: Estágio final da mitose, caracterizado pelo desaparecimento do fuso mitótico, pelo reaparecimento da membrana nuclear e pelo desaparecimento dos cromossomos e término da citocinese.
Temporal: Pertencente ao tempo (somatória temporal) ou pertencente à têmpora (osso temporal).
Tendão: Faixa de fibras colágenas que fixa um músculo esquelético a um elemento do esqueleto.
Tendão do calcâneo: Grande tendão inserido no calcâneo; a tensão sobre esse tendão produz flexão plantar do pé; também denominado *tendão de Aquiles.*
Tendinite: Inflamação dolorosa de um tendão.
Tênias do colo: Três faixas longitudinais de músculo liso na túnica muscular do colo.
Tentório do cerebelo: Divisória de dura-máter que separa os hemisférios cerebrais do cerebelo.
Teoria: Hipótese que torna válidas as previsões, conforme demonstrado pela evidência que é passível de teste, não tem tendências e é reproduzível.
Teoria dos filamentos deslizantes: Conceito de que um sarcômero encurta quando os filamentos grossos e finos passam deslizando um pelo outro.
Terapia: Tratamento de doença.
Teratógeno: Estímulo que causa defeitos de desenvolvimento.
Terminal: Na direção do final.
Termocepção: Sensibilidade às mudanças de temperatura.
Termogênese: Produção de calor.
Termografia: Procedimento diagnóstico que envolve a produção de imagem infra-vermelha.
Termorregulação: Manutenção homeostática da temperatura corporal.
Testículo criptorquídico: Testículo que não desceu e que continua na cavidade abdominopélvica em vez de estar no escroto.

Testículos: Gônadas masculinas, locais de produção de gameta e secreção de hormônio.
Testosterona: Principal andrógeno produzido por células intersticiais dos testículos.
Tétano: Contração tetânica (tetania); também se refere a um estado patológico que resulta da estimulação das células musculares por toxinas bacterianas.
Teto: Teto do mesencéfalo.
Tétrade: Cromossomos pares duplicados visíveis no início da meiose I.
Tetraiodotironina: T_4 ou tiroxina, hormônio tireóideo.
Tetraplegia: Paralisia dos membros superiores e inferiores.
Tíbia: Grande osso medial da perna.
Timina: Pirimidina encontrada no DNA.
Timo: Órgão linfático, local de formação de células T.
Timosina: Hormônio tímico essencial ao desenvolvimento e à diferenciação de células T.
Tireoglobulina: Globulina de transporte circulante que se liga aos hormônios tireóideos.
Tiroxina (TX): Hormônio tireóideo (T_4).
Tonsila: Nódulo linfático subjacente ao epitélio da faringe e língua; inclui as tonsilas palatina, faríngea e lingual.
Tópico: Aplicado à superfície do corpo.
Tórax: O peito.
Trabécula: Divisória de tecido conectivo que subdivide um órgão.
Trabéculas cárneas: Cristas musculares que se projetam das paredes dos ventrículos do coração.
Tracoma: Doença infecciosa da túnica conjuntiva e da córnea.
Transcrição: Codificação de instruções genéticas em uma fita de RNAm.
Transecção: Separação ou secção no plano transversal.
Transfusão: Transferência de sangue de um doador diretamente na corrente sangüínea de outra pessoa.
Translação: Processo de formação de peptídeo usando as instruções transportadas na fita de RNAm.
Transporte ativo: Absorção ou excreção de solutos dependente de ATP através da membrana celular.
Transudato: Líquido que se difunde através de uma túnica serosa e lubrifica as superfícies opostas.
Traquéia: Órgão que se estende da laringe até os brônquios principais.
Traqueostomia: Abertura cirúrgica da parede traqueal anterior para permitir o fluxo de ar.
Trato: Feixe de axônios no interior do SNC.
Trato ascendente: Um feixe de fibras nervosas que conduz a informação da medula espinal para o encéfalo.
Trato digestório: Tubo longo e irregular de passagem que começa na boca e termina no ânus.
Trato gastrintestinal (GI): Tubo digestório longo e irregular que começa na boca e termina no ânus, e é revestido por túnica mucosa; também conhecido como trato digestório.
Trato óptico: Trato de fibras que conduz os impulsos nervosos da retina e fica entre o quiasma óptico e o tálamo.
Tratos corticobulbares: Tratos descendentes que conduzem informações/comandos do córtex cerebral para os núcleos e centros do bulbo.
Tratos corticospinais: Tratos descendentes que conduzem comandos motores do córtex cerebral para os cornos anteriores da medula espinal.
Tratos espinocerebelares: Tratos ascendentes de fibras nervosas que conduzem informações sensitivas para o cerebelo.
Tratos espinotalâmicos: Tratos ascendentes de fibras nervosas que conduzem sensações de tato, pressão, dor, vibração e temperatura mal localizadas para o tálamo.
Tratos reticulospinais: Tratos descendentes de fibras que conduzem comandos motores involuntários emitidos pelos neurônios da formação reticular.
Tratos rubrospinais: Tratos descendentes de fibras que conduzem comandos motores involuntários emitidos pelo núcleo rubro do mesencéfalo.
Tratos tetospinais: Tratos extrapiramidais descendentes que conduzem comandos motores involuntários emitidos pelo teto do mesencéfalo.
Tratos vestibulospinais: Tratos descendentes do sistema extrapiramidal que conduzem comandos motores involuntários, emitidos pelo núcleo vestibular para estabilizar a posição da cabeça.
Tratotomia: Transecção cirúrgica de um trato, às vezes usada para aliviar a dor.
***Treppe* (alemão):** Aumento em "escada" na produção de tensão depois de estimulação repetitiva de um músculo, mesmo que ele possa terminar cada fase de relaxamento.
Tríade (célula muscular): Combinação de um túbulo em T e duas cisternas de retículo sarcoplasmático.
Tríade (fígado): Combinação de ramos do ducto hepático, da veia porta do fígado e da artéria hepática, encontrados em cada canto de um lóbulo hepático.
Triglicerídeo: Lipídeo composto de uma molécula de glicerol ligada a três ácidos graxos.
Trígono: Região triangular da bexiga urinária limitada pelos óstios dos ureteres e pelo óstio interno da uretra.
Trígono anal: Subdivisão posterior do períneo.
Triiodotironina: T_3, um dos hormônios tireóideos.
Tripsina: Uma das proteases pancreáticas.
Tripsinogênio: Pró-enzima inativa secretada pelo pâncreas e convertida em tripsina no duodeno.
Trissomia: Presença anormal de três cópias de um cromossomo; a trissomia do 21 é responsável pela síndrome de Down.
Trocanteres: Grandes processos ósseos perto da cabeça do fêmur.
Tróclea: Uma polia, carretel.
Trofoblasto: Camada superficial do blastocisto, que será envolvida na implantação, produção de hormônio e formação da placenta.
Trombina: Enzima que converte fibrinogênio em fibrina.
Trombo: Coágulo sangüíneo circulante.
Trombocitopenia: Contagem de plaquetas anormalmente baixa no sangue circulante.
Trombócitos: *Ver* **Plaquetas**.
Tromboembolia: Oclusão de vaso sangüíneo por um coágulo sangüíneo circulante.
Tromboplastina: Enzima que converte protrombina em trombina; enzima formada pelas vias de coagulação intrínsecas ou extrínsecas.
Tronco encefálico: Parte do encéfalo, menos o cérebro, o cerebelo e o diencéfalo.
Tronco: Regiões torácica e abdominopélvica em conjunto.
Troponina/tropomiosina: Proteínas nos filamentos finos que mascaram os locais ativos na ausência de íons cálcio livres.
Tuba auditiva: Passagem que conecta a parte nasal da faringe à cavidade da orelha média; também chamada de "*trompa de Eustáquio*" ou "*tuba faringotimpânica*."
Tubérculo: Pequena elevação localizada em uma superfície óssea.
Tuberosidade: Grande elevação áspera em uma superfície óssea.
Tubulina: Subunidade protéica de microtúbulos.
Túbulo contorcido distal: Porção do néfron mais próxima do túbulo e do ducto coletor; importante local de secreção ativa.
Túbulo contorcido proximal: Porção do néfron entre a cápsula glomerular (de Bowman) e a alça do néfron (de Henle); principal local de reabsorção ativa do filtrado glomerular.
Túbulos seminíferos contorcidos: Túbulos enrolados onde ocorre a produção de espermatozóides no testículo.
Túbulos T: Extensões transversais e tubulares do sarcolema que se estendem profundamente no sarcoplasma para entrar em contato com as cisternas do retículo sarcoplasmático.
Tumor: Massa de tecido formada por crescimento anormal e replicação de células.
Túnica fibrosa: Camada mais externa do bulbo do olho, composta pela esclera e pela córnea.
Túnica mucosa: *Ver* **Mucosa**.
Túnica muscular: Camadas concêntricas de músculo liso, responsáveis pela peristalse.
Túnica serosa: Epitélio escamoso e tecido conectivo frouxo subjacente; revestimento das cavidades torácica e abdominopélvica, onde delimita as cavidades do pericárdio, pleural e peritoneal.
Túnica: Camada ou revestimento; nos vasos sangüíneos, t. externa, a camada mais externa de fibras de tecido conectivo que estabiliza a posição de um vaso; t. íntima, a camada mais interna, que consiste em endotélio mais membrana elástica subjacente; t. média, camada média que contém colágeno, elastina e fibras de músculo liso em proporções variáveis.
Úlcera: Área de esfacelos epiteliais associada com lesão do tecido conectivo e vasos subjacentes.
Úlceras de decúbito: Úlceras que se formam onde a pressão crônica interrompe a circulação para uma parte da pele.
Ultra-som: Procedimento de diagnóstico visual que emprega ondas sonoras de alta freqüência.
Unha: Estrutura queratinosa produzida por células epiteliais da matriz da unha.
Unidade motora: Todas as células musculares esqueléticas controladas por um único neurônio motor.
Uracil: Uma das pirimidinas características do RNA.
Úraco: Forma o ligamento umbilical mediano.
Uremia: Estado anormal causado pela função renal deteriorada, caracterizada pela retenção de resíduos e pelo distúrbio de muitos outros sistemas de órgãos.
Ureteres: Tubos musculares, revestidos por epitélio de transição, que transportam urina da pelve renal para a bexiga urinária.
Uretra: Tubo muscular que transporta urina da bexiga urinária até o exterior.
Uretrite: Inflamação da uretra.
Urinação: Esvaziamento da urina; micção.
Urinálise: Análise das características físicas e químicas da urina.
Útero: Órgão muscular do sistema genital feminino onde ocorrem implantação, formação de placenta e desenvolvimento fetal.
Utrículo: A maior câmara do labirinto membranáceo; contém a mácula, importante para o equilíbrio estático.
"Úvea": Túnica vascular do bulbo do olho.
Úvula palatina: Extensão muscular pendente do palato mole.
Vagina: Tubo muscular que se estende entre o útero e o vestíbulo da vagina.
Valva atrioventricular: Conjunto de válvulas que impede o fluxo retrógrado para os átrios durante a sístole ventricular.
"Valva ileocecal": Pregas de túnica mucosa que circundam o óstio ileal.
Valva mitral: A valva AV esquerda, ou bicúspide, do coração.
Valva "tricúspide": Valva atrioventricular direita que impede o fluxo retrógrado de sangue para o átrio direito durante a sístole ventricular.
Válvula semilunar: Uma das três válvulas posicionadas na saída de um dos ventrículos cardíacos; inclui as valvas do tronco pulmonar e da aorta.

Vascular: Pertencente aos vasos sangüíneos.
Vascularidade (vascularização): Os vasos sangüíneos em um tecido.
Vaso sinusóide: Rede extensa de vasos encontrada no fígado, córtex supra-renal, baço e pâncreas; semelhante aos vasos capilares em estrutura histológica.
Vasoconstrição: Redução do diâmetro das arteríolas devido à contração do músculo liso na túnica média do vaso sangüíneo; evento que eleva a resistência periférica e que pode ocorrer em resposta a fatores locais, por meio da ação de hormônios, ou por estimulação do centro vasomotor.
Vasodilatação: Aumento do diâmetro das arteríolas devido ao relaxamento do músculo liso na túnica média do vaso sangüíneo; evento que reduz a resistência periférica e que pode ocorrer em resposta a fatores locais, por meio da ação de hormônios, ou por estimulação reduzida do centro vasomotor.
Vasomoção: Alterações no padrão do fluxo sangüíneo através de um leito capilar, em resposta às mudanças do ambiente local.
Vasos dos vasos: Vasos sangüíneos que irrigam as paredes das grandes artérias e veias.
Vasos linfáticos: Vasos do sistema linfático.
Veia cava inferior: Veia que transporta sangue das partes do corpo inferior ao coração para o átrio direito.
Veia cava superior: Veia que transporta o sangue das partes do corpo acima do coração para o átrio direito.
Veia porta do fígado: Vaso que transporta sangue entre os vasos capilares intestinais e os *vasos sinusóides* do fígado.
Veia: Vaso sangüíneo que transporta sangue de um leito capilar para o coração.
Veias cavas: As principais veias que levam sangue sistêmico para o átrio direito.
Veias varicosas: Veias superficiais distendidas, dilatadas.
Ventilação pulmonar: Movimento de ar para dentro e para fora dos pulmões.
Ventral: Pertencente à superfície anterior.
Ventrículo lateral: Câmara cheia de líquido cerebrospinal no interior do hemisfério cerebral.
Ventrículo: Uma das grandes câmaras musculares bombeadoras do coração que ejeta sangue nas circulações pulmonar ou sistêmica.
Vênulas: Veias de paredes delgadas que recebem sangue dos vasos capilares.
Verme do cerebelo: Faixa mediana do córtex do cerebelo entre os dois hemisférios do cerebelo.
Vertigem: Tontura.
Vesícula biliar: Reservatório em forma de pêra para a bile secretada no fígado.
Vesícula: Saco membranoso no citoplasma de uma célula.
Vestíbulo: Câmara; na orelha interna, o termo refere-se ao local do utrículo, sáculo e ductos semicirculares; também se refere à (1) região dos órgãos genitais femininos externos; ao (2) espaço no interior da cavidade nasal, entre as narinas e o limiar do nariz; e à (3) parte inicial da cavidade da laringe após o ádito da laringe.
Via comum: Na resposta de coagulação, os eventos que começam com o aparecimento de tromboplastina e terminam com a formação do coágulo.
Via extrínseca: Via de coagulação que começa com a lesão nos vasos sangüíneos ou tecidos circundantes e termina com a formação da tromboplastina tecidual.
Vilosidade: Projeção delgada da túnica mucosa do intestino delgado.
"Virilha": Região inguinal.
Vírus da imunodeficiência humana (HIV): Agente infeccioso que causa a **síndrome da imunodeficiência adquirida (AIDS)**.
Vírus: Microrganismo patogênico.
Víscera: Órgãos na cavidade anterior do corpo.
Visceral: Pertencente às vísceras ou a seus revestimentos.
Viscosidade: Resistência ao fluxo apresentada por um líquido devido às interações moleculares no seu interior.
Viscoso: Espesso, pegajoso.
Vitamina: Nutriente orgânico essencial que funciona como uma co-enzima nas reações enzimáticas vitais.
Volume corrente: Volume de ar movido para dentro e para fora dos pulmões durante um ciclo respiratório normal.
Volume minuto respiratório: Quantidade de ar movido para dentro e para fora do sistema respiratório a cada minuto.
Volume residual: Quantidade de ar remanescente nos pulmões depois da expiração forçada máxima.
Voluntário: Controlado por processos de pensamento conscientes.
Vulva: Pudendo feminino (órgãos genitais externos).
Zeis, glândulas de: Glândulas sebáceas aumentadas nas margens livres das pálpebras.
Zigoto: Óvulo fertilizado ou ovo, antes do início da clivagem.
Zona fasciculada: Região do córtex supra-renal responsável pela secreção de glicocorticóide.
Zona glomerulosa: Região do córtex supra-renal responsável pela secreção de mineralocorticóide.
Zona pelúcida: Região entre um oócito em desenvolvimento e as células foliculares circundantes do ovário.
Zona reticular: Região do córtex supra-renal responsável pela secreção de andrógeno.

Créditos das Fotos

Visible Human Data, cortesia da Library of Medicine e do Visible Human Project.

Capítulo 1

1.7 The New Yorker Collection 1990 Ed Fisher de cartoonbank.com. Todos os direitos reservados
1.9 Custom Medical Stock Photo, Inc.
1.13d Ralph T. Hutchings
1.15aE Omikron/Photo Researchers, Inc.
1.15aD AGFA/Photo Researchers, Inc.
1.15bE Photo Researchers, Inc.
1.15bD Custom Medical Stock Photo, Inc.
1.16b Frederic H. Martini, Inc.
1.16c CNSI/Photo Researchers, Inc.
1.16d Frederic H. Martini, Inc.
1.17a Philips Medical Systems
1.17b Alexander Tsiaras/Photo Researchers, Inc.

Capítulo 2

2.1a Todd Derksen
2.1b David M. Phillips/Visuals Unlimited
2.1c Todd Derksen
2.7a M. Sahliwa/Visuals Unlimited
2.9b Fawcett, Hirikawa, Heuser/Photo Researchers, Inc.
2.9c M. Sahliwa/Visuals Unlimited
2.10a Fawcett, de Harven, Kalnins/Photo Researchers, Inc.
2.11a Frederic H. Martini, Inc.
2.12 CNRI/Photo Researchers, Inc.
2.13a Don W. Fawcett, M.D., Harvard Medical School
2.13b Biophoto Associates/Photo Researchers, Inc.
2.15D Bollender & Don W. Fawcett/Visuals Unlimited
2.16 Biophoto Associates/Photo Researchers, Inc.
2.17b Dr. Birgit H. Satir
2.22a,b Ed Reschke/Peter Arnold, Inc.
2.22c James Solliday/Biological Photo Service
2.22d,e,f Ed Reschke/Peter Arnold, Inc.
2.22g Centers for Disease Control and Prevention (CDC)

Capítulo 3

3.2b P. Motta/Custom Medical Stock Photo
3.3c C. P. Leblond and A. Rambourg, McGill University
3.4a Ward's Natural Science Establishment, Inc.
3.4b Frederic H. Martini, Inc.
3.5a Pearson Benjamin Cummings
3.5b Gregory N. Fuller, M. D. Anderson Cancer Center, Houston, TX
3.6a Frederic H. Martini, Inc.
3.6b Gregory N. Fuller, M. D. Anderson Cancer Center, Houston, TX
3.7a,b Frederic H. Martini, Inc.
3.8a S. Elem/Visuals Unlimited
3.8b Frederic H. Martini, Inc.
3.10 Carolina Biological Supply Company/Phototake
3.12b Ward's Natural Science Establishment, Inc.
3.13a,b Project Masters, Inc./The Bergman Collection
3.14a Biophoto Associates/Photo Researchers, Inc.
3.14b Frederic H. Martini, Inc.
3.14c Ward's Natural Science Establishment, Inc.
3.15a John D. Cunningham/Visuals Unlimited
3.15b Bruce Iverson/Visuals Unlimited
3.15c Frederic H. Martini, Inc.
3.17a Frederic H. Martini, Inc.
3.18a Robert Brons/Biological Photo Service
3.18b Photo Researchers, Inc.
3.18c Ed Reschke/Peter Arnold, Inc.
3.19 Frederic H. Martini, Inc.
3.22a G. W. Willis, MD/Visuals Unlimited
3.22b Phototake NYC
3.22c Pearson Benjamin Cummings
3.23b Pearson Benjamin Cummings

Capítulo 4

4.3 John D. Cunningham/Visuals Unlimited
4.4b,c Frederic H. Martini, Inc.
4.5 R. G. Kessel and R. H. Kardon/Visuals Unlimited
4.6 Pearson Benjamin Cummings
4.7a R. G. Kessel and R. H. Kardon/Visuals Unlimited
4.7b David Scharf Photography
4.7c P. Motta/SPL/Photo Researchers, Inc.
4.9b Manfred Kage/Peter Arnold, Inc.
4.10b John D. Cunningham/Visuals Unlimited
4.13; 4.14a,b Frederic H. Martini, Inc.
4.16 PhotoDisc/Getty Images
4.U01 Joe McNally/Getty Images
4.17 Custom Medical Stock Photo

Capítulo 5

5.1b R. G. Kessel and R. H. Kardon/Visuals Unlimited
5.1c,d Pearson Benjamin Cummings
5.2d; 5.3a,b,c Ralph T. Hutchings
5.4c; 5.5 Frederic H. Martini, Inc.
5.6a,b Ralph T. Hutchings
5.7b Pearson Benjamin Cummings
5.8a,b Project Masters, Inc./The Bergman Collection
5.12a,b P. Motta/SPL/Photo Researchers, Inc.
5.U01; 5.U02 Southern Illinois University/Visuals Unlimited
5.U03 Frederic H. Martini, Inc.
5.U04 Southern Illinois University/Peter Arnold, Inc.
5.U05 Custom Medical Stock Photo, Inc.
5.U06 Scott Camazine/Photo Researchers, Inc.
5.U07 Frederic H. Martini, Inc.
5.U08 Southern Illinois University/Visuals Unlimited
5.U09 Project Master, Inc./The Bergman Collection

Capítulo 6

6.1b; 6.3a,b,c,d,e; 6.4; 6.5; 6.6a,b,c; 6.7a,b,c; 6.8a,c,d Ralph T. Hutchings
6.8b Michael J. Timmons
6.9a; 6.10a,c; 6.11b; 6.12a; 6.13b,c; 6.14a,b; 6.15; 6.16a,c; 6.17b Ralph T. Hutchings
6.18c Michael J. Timmons
6.18d; 6.19b Ralph T. Hutchings
6.19c Siemens Medical Systems, Inc.
6.20a Science Photo Library/Custom Medical Stock Photos,Inc.
6.20b National Medical Slide/Custom Medical Stock Photos, Inc.
6.20c Princess Margaret Rose Orthopaedic Hospital, Edinburgh, Scotland/Science Photo Library/Photo Researchers, Inc.
6.22a,b,c,d; 6.23a,b,c,d,e; 6.24a,b,c,d; 6.25a,b; 6.26a,b,c; 6.27a,b,c,d Ralph T. Hutchings

Capítulo 7

7.1a,b; 7.2a Ralph T. Hutchings
7.2b Bates/Custom Medical Stock Photo, Inc.
7.3a,b; 7.4a; 7.5d,e,f; 7.6a,b,c,d; 7.7a,b,c,d,e,f; 7.8.a,b,c; 7.9a Ralph T. Hutchings
7.9b Custom Medical Stock Photo, Inc.
7.10a,b; 7.11a,b; 7.14a,b,c,d,e,f; 7.15a,b; 7.16a,b,c,d; 7.17b; 7.18a,b Ralph T. Hutchings

Capítulo 8

8.3aI,bI,cE,cD,d; 8.4C; 8.5a,b,c,d,e,fE,fD; 8.9; 8.10; 8.11d; 8.12b,e Ralph T. Hutchings
8.14d Patrick M. Timmons
8.16c Ralph T. Hutchings
8.17d Frederic H. Martini, Inc.
8.18b,c Ralph T. Hutchings
8.19 SIU Biomed Comm/Custom Medical Stock Photo, Inc.
8.20a Ralph T. Hutchings
8.20b Eugene C. Wasson, III e equipe Maui Radiology Consultants, Maui Memorial Hospital
8.21b,e Ralph T. Hutchings
8.22a,b Marko Krpan
8.U03 AP Photos

Capítulo 9

9.2a Fred Hossler/Visuals Unlimited
9.2b Don W. Fawcett/Photo Researchers, Inc.
9.3b Ward's Natural Science Establishment, Inc.
9.4b Don W. Fawcett/Photo Researchers, Inc.
9.7 J.J. Head/Carolina Biological Supply Company/Phototake NYC
9.13a Comack, D. (ed): HAM'S HISTOLOGY, 9th ed. Philadelphia: J. B. Lippincott, 1987. Com Permissão.
9.13bS,bI Frederic H. Martini, Inc.

Capítulo 10

10.4 Ralph T. Hutchings
10.11a Mentor Networks Inc.
10.11b Ralph T. Hutchings
10.13c Mentor Networks Inc.
10.13d; 10.14c Ralph T. Hutchings

Capítulo 11

11.8d Ralph T. Hutchings
11.9a Mentor Networks Inc.
11.9d; 11.11f,g; 11.13b,c Ralph T. Hutchings
11.15a Custom Medical Stock Photo, Inc.
11.15c,d; 11.17c Ralph T. Hutchings
11.17d Mentor Networks Inc.
11.18b; 11.19c; 11.20c; 11.21aD Ralph T. Hutchings
11.25a Image Source Limited/Phototake
11.25b Zimmer, Inc.

Capítulo 12
12.1a Mentor Networks Inc.
12.6a Custom Medical Stock Photo, Inc.
12.6c; 12.7a Mentor Networks Inc.
12.8; 12.9; 12.10; 12.11; 12.12; 12.13; 12.14 National Library of Medicine, Visual Human Project

Capítulo 13
13.6a Frederic H. Martini, Inc.
13.6b R. G. Kessel and R. H. Kardon/Visuals Unlimited
13.7 John D. Cunningham/Visuals Unlimited
13.8a Biophoto Associates/Photo Researchers, Inc.
13.8b Photo Researchers, Inc.
13.9a Pearson Benjamin Cummings
13.13a David Scott/Phototake NYC

Capítulo 14
14.1b,c; 14.2a Ralph T. Hutchings
14.3 Patrick M. Timmons
14.4a Ralph T. Hutchings
14.4b Hinerfeld/Custom Medical Stock Photo, Inc.
14.5a Michael J. Timmons
14.6b R. G. Kessel and R. H. Kardon/Visuals Unlimited
14.11b,c Mentor Networks Inc.
14.12 Ralph T. Hutchings
14.14a,b Ralph T. Hutchings

Capítulo 15
15.2b; 15.3c; 15.4a Ralph T. Hutchings
15.7 SIU/Visuals Unlimited
15.8a,b,c; 15.9a Ralph T. Hutchings
15.11c Pat Lynch/Photo Researchers, Inc.
15.11e Michael J. Timmons
15.14a; 15.15a,b; 15.16b,d Ralph T. Hutchings
15.17a Daniel P. Perl, Mount Sinai School of Medicine
15.17b; 15.19a,b Ralph T. Hutchings
15.19bS Ward's Natural Science Establishment, Inc.
15.21a,c Ralph T. Hutchings

Capítulo 17
17.5b Ward's Natural Science Establishment, Inc.

Capítulo 18
18.3d,f; 18.5 Frederic H. Martini, Inc.
18.7cS Pearson Benjamin Cummings
18.7cI G. W. Willis/Visuals Unlimited
18.10c Ralph T. Hutchings
18.10d; 18.15b Lennart Nilsson/Albert Bonniers Forlag AB
18.17c Michael J. Timmons
18.17e Ward's Natural Science Establishment, Inc.
18.17f P. Motta/SPL/Photo Researchers, Inc.
18.19a; 18.20 Ralph T. Hutchings
18.21d Michael J. Timmons
18.21f Ralph T. Hutchings
18.23a Ed Reschke/Peter Arnold, Inc.
18.23c Custom Medical Stock Photo, Inc.
18.25; 18.26a Ralph T. Hutchings
18.27a,b ISM/Phototake
18.U01 Geoff Thompkins/Science Photo Library/Photo Researchers Inc.

Capítulo 19
19.3b Manfred Kage/Peter Arnold, Inc.
19.6b,c; 19.8b,c Frederic H. Martini, Inc.
19.9c; 19.10b Ward's Natural Science Establishment, Inc.
19.10c,d Michael S. Ballo, Duke University Medical Center
19.11a,b Project Masters, Inc./The Bergman Collection
19.11c John Paul Kay/Peter Arnold, Inc.
19.11d Custom Medical Stock Photo, Inc.
19.11e Biophoto Associates/Photo Researchers, Inc.
19.12 Neil Borden/Photo Researchers, Inc.

Capítulo 20
20.1a Martin M. Rotker
20.2a David Scharf/Peter Arnold, Inc.
20.2b Dennis Kunkel/CNRI/Phototake NYC
20.2d; 20.5a,b,c,d,e Ed Reschke/Peter Arnold, Inc.
20.6 Frederic H. Martini, Inc.
20.7 Custom Medical Stock Photo, Inc.

Capítulo 21
21.2d Ralph T. Hutchings
21.3c Ed Reschke/Peter Arnold, Inc.
21.5a,b Ralph T. Hutchings
21.6b Lennart Nilsson/Albert Bonniers Forlag AB
21.6c,d Ralph T. Hutchings
21.7cE Science Photo Library/Photo Researchers, Inc.
21.7cD Biophoto Associates/Photo Researchers, Inc.
21.8c Ralph T. Hutchings
21.8d Frederic H. Martini, Inc.
21.9a,b Howard Sochurek/Medichrome/The Stock Shop, Inc.
21.9c Peter Arnold, Inc.
21.9d ISM/Phototake
21.12 Jim Wehtje/Getty Images, Inc.-Photodisc
21.13a Science Photo Library/Photo Researchers, Inc.
21.13b Darryl Torckler/Getty Images Inc./Stone Allstock
21.13c,d Philips Medical Systems
21.14 Larry Mulvehill/Photo Researchers, Inc.

Capítulo 22
22.1 Biophoto Associates/Photo Researchers, Inc.
22.3S William Ober/Visuals Unlimited
22.3I B & B Photos/Custom Medical Stock Photo, Inc.
22.4c,d BAILEY'S TEXTBOOK OF MICROSCOPIC ANATOMY de Kelly, Wood, & Enders. Copyright 1984, Williams & Wilkins.
22.5b Biophoto Associates/Photo Researchers, Inc.
22.11 E. L. Lansdown/University of Toronto
22.12b,c; 22.14; 22.15b,c Ralph T. Hutchings
22.17b Frederic H. Martini, Inc.
22.18b Ralph T. Hutchings
22.29 Custom Medical Stock Photo

Capítulo 23
23.3b Frederic H. Martini, Inc.
23.5 Ralph T. Hutchings
23.8a David M. Phillips/Visuals Unlimited
23.8b Biophoto Associates/Photo Researchers, Inc.
23.9 Ralph T. Hutchings
23.13 Frederic H. Martini, Inc.
23.14a Ralph T. Hutchings
23.16c,d; 23.17c Frederic H. Martini, Inc.

Capítulo 24
24.2a Frederic H. Martini, Inc.
24.2c Photo Researchers, Inc.
24.3b,c Ralph T. Hutchings
24.5c Phototake NYC
24.7b John D. Cunningham/Visuals Unlimited
24.8a; 24.10b,c,d Ralph T. Hutchings
24.11c Ward's Natural Science Establishment, Inc.
24.12b Don W. Fawcett. Micrografia de P. Gehr
24.13 Ralph T. Hutchings
24.16 James Cavallini/Photo Researchers

Capítulo 25
25.2 G. W. Willis/Visuals Unlimited
25.6.bS,bC,bI Frederic H. Martini, Inc.
25.7e Ralph T. Hutchings
25.9a Alfred Pasieka/Peter Arnold, Inc.
25.9b Astrid and Hanns-Frieder Michler/SPL/Photo Researchers, Inc.
25.10b NetAnatomy.com
25.10c ISM/PhototakeUSA
25.11b Ralph T. Hutchings
25.13a P. Motta/SPL/Photo Researchers, Inc.
25.13b John D. Cunningham/Visuals Unlimited
25.13e,f Frederic H. Martini, Inc.
25.15d John D. Cunningham/Visuals Unlimited
25.15eE Michael J. Timmons
25.15eD G. W. Willis/Visuals Unlimited
25.16; 25.17b Ralph T. Hutchings
25.18 Custom Medical Stock Photo, Inc.
25.19b Ward's Natural Science Establishment, Inc.
25.20b,e Ralph T. Hutchings
25.21b Ward's Natural Science Establishment, Inc.
25.21c Michael J. Timmons
25.22c; 25.23 Frederic H. Martini, Inc.
25.24 David Musher/Photo Researcher
25.U01 Bob Tallitsch

Capítulo 26
26.1d; 26.2; 26.3a Ralph T. Hutchings
26.3c Mentor Networks Inc.
26.5a,b Ralph T. Hutchings
26.7b,c,d Pearson Benjamin Cummings
26.8b R. G. Kessel and R. H. Kardon/Visuals Unlimited
26.8e David M. Phillips/Visuals Unlimited
26.9a Photo Researchers, Inc.
26.9b E. L. Lansdown
26.9c Photo Researchers, Inc.
26.10d Ralph T. Hutchings
26.11a Ward's Natural Science Establishment, Inc.
26.11b,c Frederic H. Martini, Inc.
26.12 Cortesia de Samih Nasr, M.D., Columbia University Medical Center, New York
26.U01 Bob Tallitsch

Capítulo 27
27.1 Ralph T. Hutchings
27.4b Frederic H. Martini, Inc.
27.5a Don W. Fawcett, Harvard Medical School
27.5c Ward's Natural Science Establishment, Inc.
27.6b David M. Phillips/Visuals Unlimited
27.7a Ralph T. Hutchings
27.7b,c Frederic H. Martini, Inc.
27.8bS Ward's Natural Science Establishment, Inc.
27.8bC R. G. Kessel and R. H. Kardon/Visuals Unlimited
27.8c,d,e Frederic H. Martini, Inc.
27.9b Ward's Natural Science Establishment, Inc.
27.9d; 27.10; 27.11c Ralph T. Hutchings
27.12a,b,c,d Frederic H. Martini, Inc.
27.12e C. Edelmann/La Villete/Photo Researchers, Inc.
27.12f,g G. W. Willis/Visuals Unlimited
27.14b Frederic H. Martini, Inc.
27.14c Custom Medical Stock Photo, Inc.
27.15b CNRI/SPL/Photo Researchers, Inc.
27.16 Ward's Natural Science Establishment, Inc.
27.17a,b Frederic H. Martini, Inc.
27.17c Michael J. Timmons
27.17d Frederic H. Martini, Inc.
27.19 Michael J. Timmons
27.21b Ralph T. Hutchings
27.21c Fred E. Hossler/Visuals Unlimited
27.21d Frederic H. Martini, Inc.

Capítulo 28
28.1a Francis Leroy/Photo Researchers, Inc.
28.6b Frederic H. Martini, Inc.
28.7a Arnold Tamarin
28.7b,c,d; 28.8a Lennart Nilsson/Albert Bonniers Forlag AB
28.8b Photo Researchers, Inc.

Índice

A

Abdome
  anatomia de superfície, 331
  artérias, 589
  drenagem linfática, 621
  regiões e planos, 15, 23-24, 671
  veias, 597-599
Abdução, 209-211
Abertura
  inferior da pelve, 187, 193
  lateral, 394-395
  mediana, 394-395
  superior da pelve, 187, 193
Abóbada craniana, 135, 142. *Ver* Calvária
Aborto espontâneo, 762
Abrasão, 104
Absorção, 12-13
Acalasia, 666-667, 688-689
Acetábulo, 184, 186
Acetato de desmopressina (DDAVP), 510, 512
Acetilcolina (ACh), 246-247, 355-356, 459-460, 562-563, 565-566
Acetilcolinesterase (AChE), 246-247
Acidente vascular encefálico (AVE), 395, 447-448
Acidentes ósseos (características de superfície), 127-128
Ácido gama-aminobutírico (GABA), 410
Ácido hialurônico, 673
Acidófilos. *Ver* Eosinófilos
Ácinos pancreáticos, 684-686
Acionamento de unidades motoras múltiplas adcionais, 249-250
Acne, 101-102, 108
Acondroplasia, 123, 130
Acromegalia, 123, 130, 522
Acrômio, 176, 179
Acrossomo, 719, 721
Actina, 75
  F, 244-245
  G, 244-245
Actininas, 244-245
Acupuntura, 473
Adaptabilidade, 6
Adaptação, 471
Adaptação central, 471
Adaptação periférica (sensorial), 471
Addison, doença de, 522
Adenocarcinoma, 78
Adeno-hipófise, 510-513. *Ver também* Hipófise
Adenóides (tonsila faríngea), 616, 634
Adenosina trifosfato (ATP), 32-33, 38-39, 246-247
Aderência intertalâmica, 405-406
Aderências, 73, 84
Adesões focais, 44-45
Adipócitos, 62, 63
Administração transdérmica de drogas, 93-94
Adrenalina. *Ver* Epinefrina
Adução, 210-212
Adventícia, 572-573, 657-658
Afasia, 443-444, 447-448
Afasia global, 443-444
Agente motor (músculo), 253-254
Aglutinação, 537-538
Aglutininas, 537-538
Aglutinógenos (antígenos de superfície), 536-537
Agonista (músculo), 253-254
Agranulócitos (leucócitos agranulares), 534-535, 539-540
Agulha hipodérmica, 97-98, 108
AIDS (síndrome da imunodeficiência adquirida), 615-616, 626
Alantóide, 755, 757, 790
Alavanca de primeira classe, 254-256
Alavanca de segunda classe, 255-256
Alavanca de terceira classe, 255-256
Alavancas, 254-255
Albinismo, 91-92
Albino, 91-92
Albuminas, 533
Albuterol, 640, 643
Alça de Henle (alça do néfron), 698
Alça do néfron (de Henle), 698
Álcool, consumo de, na gravidez, 751, 796-797
Aldosterona, 515-516, 700, 703
Alergia, 626
Alergia ao látex, 106-108
Alopecia de padrão masculino, 98, 100
Alvéolos, 578-579, 630, 645, 643, 646
Alzheimer, doença de, 446-448
Amilase salivar, 664-666
Amilóide, 446-447
Amnésia, 444-445, 447-448
Âmnio, 755, 757
Amniocentese, 796-797
Amostragem de vilosidades coriônicas, 796-797
Ampola
  da tuba uterina, 731-732
  de epinefrina, 108
  do ducto deferente, 722
  do ducto semicircular, 483
  do duodeno (hepatopancreática), 676-677
  duodenal (hepatopancreática), 676-677
  hepatopancreátrica (duodenal), 676-677
Anáfase, 47
Anaplasia, 84
Anastomose, 558, 561, 575-577
  arterial, 575-576
Anatomia
  cirúrgica, 4
  clínica, 4
  comparativa, 3
  de superfície, 14-16. *Ver também* Anatomia de superfície
  definição, 2
  do desenvolvimento, 3
  escalas, 2
  linguagem da, 12-20
  macroscópica, 3
  microscópica, 2
  radiográfica, 4
  regional, 3
  seccional. *Ver* Anatomia seccional
  sistêmica, 3
Anatomia cirúrgica, 4
Anatomia clínica, 4
Anatomia comparativa, 3
Anatomia de superfície, 3, 14-16
  abdome, 331
  cabeça e pescoço, 328-329
  coração, 552, 554, 556
  crânio, 156-159
  dorso e ombros, 330
  membro inferior, 334-335
  membro superior, 332-333
  pelve, 334
  tórax, 330
Anatomia evolutiva, 3
Anatomia macroscópica, 3
Anatomia microscópica, 2
Anatomia radiográfica, 4
Anatomia regional, 3
Anatomia seccional
  aplicações clínicas, 4, 22-24
  coração, 555
  encéfalo, 408
  medula espinal, 367-369
  nível da vértebra C II, 337
  nível da vértebra L I, 695
  nível da vértebra L V, 339
  nível da vértebra T VIII, 338
  nível da vértebra T X, 338
  nível da vértebra T XII, 339, 695
  nível do quiasma óptico, 336
  olho, 494
  planos e cortes, 15-18
  sistema urinário, 695
  terminologia, 15-18
Anatomia sistêmica, 3
Anatomia transversal. *Ver* Anatomia seccional
Andrógenos, 512-513, 521, 523, 718
Anel fibroso, 214-215
Anel inguinal, 715
Anemia, 524, 535-536, 544-545, 687-688
  aplásica, 544-545
  falciforme, 537-538
  hemorrágica, 544-545
Anencefalia, 440-442, 447-448
Anestesia caudal, 366, 382-383
Anestesia espinal, 366
Aneurisma, 600, 603-605
Anfiartrose, 206
Anfimixia, 748, 749
Angina pectoris, 561-562, 567-568
Angiografia, 23-24
  aórtica, 579, 582
  cefálica, 585
  coronariana, 560, 580
  parte abdominal da aorta, 589
  por subtração digital (ASD), 23-24, 560
  pulmonar, 580
  renal, 705-706
  supra-renal, 526
Angioplastia com balão, 560-562
Angiossarcoma, 78
Angiotensina I, 517-518
Angiotensina II, 517-518
Angiotensinogênio, 517-518
Ângulo
  da costela, 170
  da escápula, 175-176
  da mandíbula, 150-151
  lateral, 491-492
  lateral/medial, 491-492
  medial, 491-492
  subpúbico, 187, 193
Ângulos da escápula, 175-176
Anisotrópico, 243-244
ANP (peptídeo natriurético atrial), 517-518, 561-562
Anquiloglossia, 663-664
Anquilose, 233-234
Antagonista (músculo), 254-255
Anteflexão, útero, 732-733
Anticorpos, 63, 533, 612-613
Antígeno prostático específico (APE/PSA), 742-743
Antígenos, 612-613
Antígenos de superfície (aglutinógenos), 537-538
Antioncogene, 48-49
Antracose, 651-652
Antro
  acidente ósseo, 128
  ovário, 730-731
Ânus, 677, 679
Aorta
  angiograma, 579, 582
  distribuição da, 584
  dorsal, 784
  parte abdominal, 586, 588, 590
  parte ascendente, 556, 558, 579, 582
  parte descendente, 586, 588
  parte torácica, 586, 588
  segmento terminal, 588, 590
Aparelho de diálise, 704-705
Aparelho de Golgi, 29-30, 40-43
Aparelho do fuso, 36
Aparelho lacrimal, 492-493, 495
Apêndice, 617, 676-677
Apêndice auricular, 554, 556
Apêndice vermiforme. *Ver* Apêndice
Apendicectomia, 617
Apêndices adiposos (omentais), colo, 676-677

Apêndices omentais, 676-677
Apendicite, 617, 626, 676-677
Apgar, índice de, 763, 796-797
Ápice
  da patela, 193, 196
  do coração, 552, 554
  do nariz, 632
  do pulmão, 637-638
  do sacro, 166, 168
Aponeuroses, 68, 239-240
Apresentação de antígeno, 614
Aqueduto cerebral. *Ver* Aqueduto do mesencéfalo
Aqueduto do mesencéfalo (aqueduto de Sílvio), 389, 394-395
Aracnóide-máter, 365, 391-392
Arco
  da aorta, 556, 558, 579, 582, 584, 784
  dental, 666-667
  dorsal (artérias), 588, 590
  hióideo, 767, 773
  longitudinal, pé, 199-200
  mandibular, 766, 773
  neural, 161-162
  palatofaríngeo, 634, 662-663
  palatoglosso, 634, 662-663
  palmar superficial/profundo, 582, 586
  plantar (artérias), 588, 590
  reflexo, 376, 380
  transverso, pé, 199-200
  venoso palmar, 593, 596
  venoso plantar, 596-598
  venoso posterior, 597-599
  zigomático, 145
Arcos
  atlas, vertebral anterior/posterior, 164
  pé, 196, 198-200
Arcos faríngeos (arcos branquiais), 634, 662-663, 766, 777, 781
Arcos superciliares, 135, 142
Arcos vertebrais, 161-162, 164
Área de associação motora somática, 400-401
Área de associação sensitiva somática, 400-401
Área de associação visual, 400-401
Área de Broca (centro da fala), 442-443
Área densa, junção-âncora, 44-45
Área integrativa geral (gnóstica), 442-444
Área pré-óptica, hipotálamo, 406-407
Área tuberal, hipotálamo, 406-407
Áreas de associação, 400-401
Áreas de Brodmann, 443-445
Áreas portais (tríades portais), 680-681
Aréola, 737-739
Arreflexia, 382-383
Arrepio, 97-98
Arritmias, 564, 567-568
Arritmias cardíacas, 564, 567-568
Artéria
  arqueada, 694, 696, 734-735
  axilar, 372-373, 579, 582
  basilar, 582, 586
  braquial, 579, 582
  carótida
    comum direita/esquerda, 579, 582
    externa/interna, 145-146, 395, 582, 586, 643, 646
  cerebral anterior/média/posterior, 582, 586-587
  cerebral média, acidente vascular encefálico, 447-448
  circunflexa, 579, 582
  circunflexa do úmero, 579, 582
  cística, 588, 590
  cólica direita/esquerda, 588, 590
  coronária, 558, 561-562
  coronária direita (ACD), 558, 561
  coronária esquerda, 558, 561
  cortical radiada (interlobular), 694, 696
  da retina, 496, 498
  descendente anterior esquerda, 558, 561
  digital, 582, 586
  do joelho, 588, 590
  dorsal do pé, 588, 590
  elástica, 573-575
  epigástrica, 718
  espiral, útero, 734-735
  esplênica, 588, 590, 623-624, 671, 684-685
  femoral, 588, 590
  fibular, 588, 590
  frênica inferior/superior, 567-568, 588, 590
  gástrica esquerda/direita, 588, 590, 671
  gastroduodenal, 588, 590, 671
  gastromental esquerda/direita, 588, 590, 671
  glútea, superior, 588, 590
  gonadal, 588, 590
  hepática comum, 588, 590, 671
  hepática própria, 680-681
  hipofisária, 510
  hipofisária superior, 510, 512
  ileocólica, 588, 590
  ilíaca
    esquerda/direita, 588, 590
    interna/externa/comum, 574-575, 588, 590, 733-734
  inominada (tronco braquiocefálico), 579, 582
  intercostal, 586, 588
  interlobar, rim, 694, 696
  interlobular, rim, 694, 696
  jejunal, 588, 590
  lombar, 588, 590
  mesentérica inferior, 588, 590
  mesentérica inferior/superior, 588, 590, 674, 676-677, 684-685
  mesentérica superior, 480, 482
  muscular, 573-575
  nutrícia, osso, 123
  obturatória, 588, 590
  oftálmica, 582, 586
  ovárica, 588, 590, 725, 727, 733-734
  pancreática, 519-520, 588, 590, 684-685
  pancreaticoduodenal superior/inferior, 519-520, 588, 590, 684-685
  pericárdica, 558, 561
  plantar medial/lateral, 588, 590
  poplítea, 588, 590
  profunda do pênis, 723, 725
  pudenda interna/externa, 588, 590, 718
  pulmonar esquerda/direita, 556, 558, 578-579
  radial, 582, 586, 734-735
  renal, 515-516, 588, 590, 694, 696
  reta, útero, 734-735
  retal, 588, 590
  sacral mediana, 588, 590
  segmentar, rim, 694, 696
  sigmóidea, 588, 590
  subclávia, 574-575, 579, 582
  supra-renal, 588, 590
  testicular, 588, 590, 715
  tibial posterior/anterior, 588, 590
  tireóidea, 512-513
  tireóidea inferior, 513, 515
  tireóidea superior, 513, 515
  torácica interna, 579, 582
  trabecular, 623-624
  ulnar, 582, 586
  umbilical, 599-600, 755, 757, 784
  uterina, 733-734
  vertebral, 164, 579, 582
Artérias
  abdome, 586, 588, 590
  arteríolas, 573-575
  cabeça e pescoço, 585-582, 586
  circulação sistêmica, 578-593
  e veias, 572-574
  elásticas, 573-575
  encéfalo, 582, 586, 588
  funções, 68, 548, 550
  histologia, 572-574
  membro inferior, 588, 590, 592
  membro superior, 579, 582-584
  muscular, 573-575
  nutrícia, 123
  pelve, 588, 590, 592
  tórax, 579, 582-584
  tórax, 583-584
  tronco, 586, 588, 590
Artérias comunicantes, 582, 586
Artérias listadas
  aorta. *Ver* Aorta
  arco dorsal, 588, 590
  arco palmar, 582, 586
  arqueada, 694, 696, 734-735
  artéria gastromental, 588, 590, 671
  axilar, 372-373, 579, 582
  basilar, 582, 586
  braquial, 579, 582
  bronquial, 586, 588, 643, 646
  carótida, 145-146, 395, 579, 582, 586, 643, 646
  cerebral, 582, 586-587
  circunflexa, 579, 582
  circunflexa do úmero, 579, 582
  cística, 588, 590
  cólica, 588, 590
  comunicante, 582, 586
  coronária, 558, 561-562
  da retina, 496, 498
  descendente anterior esquerda, 558, 561
  digital, 582, 586
  do joelho, 588, 590
  dorsal do pé, 588, 590
  epigástrica, 718
  espiral, 734-735
  esplênica, 588, 590, 623-624, 671, 684-685
  femoral, 588, 590
  fibular, 588, 590
  frênica, 586, 588, 590
  gástrica, 588, 590, 671
  gastroduodenal, 588, 590, 671
  glútea, 588, 590
  gonadal, 588, 590
  hepática, 588, 590, 671
  hipofisária, 510
  ileocólica, 588, 590
  ilíaca, 574-575, 588, 590, 733-734
  intercostal, 586, 588
  interlobular, 694, 696
  jejunal, 588, 590, 674
  lombar, 588, 590
  mesentérica, 588, 590, 674, 676-677, 684-685
  obturatória, 588, 590
  oftálmica, 582, 586
  ovárica, 588, 590, 725, 727, 733-734
  pancreática, 519-520, 588, 590, 684-685
  pancreaticoduodenal, 519-520, 588, 590, 684-685
  pericárdica, 586, 588
  plantar, 588, 590
  poplítea, 588, 590
  pudenda, 588, 590, 718
  pulmonar, 556, 558, 578-579
  radial, 582, 586, 734-735
  ramo dental, 664-666
  ramo esofágico, 586, 588, 667-668
  ramo mediastinal, 586, 588
  ramo reto, 734-735
  renal, 515-516, 588, 590, 694, 696
  retal, 588, 590
  sacral, 588, 590
  segmentar, 694, 696
  sigmóidea, 588, 590
  subclávia, 574-575, 579, 582
  supra-renal, 588, 590
  testicular, 588, 590, 715
  tibial, 588, 590
  tireóidea, 512-513, 515
  torácica, 579, 582
  trabecular, 623-624
  ulnar, 582, 586
  umbilical, 599-600, 755, 757, 784
  uterina, 733-734
  vertebral, 579, 582
  vértebras, 164
Arteríolas, 573-575, 698
Arteríolas aferentes, 694, 696
Arteriosclerose, 574-575, 604-605
Articulação acromioclavicular, 176, 179, 222
Articulação atlantoaxial, 219, 221
Articulação atlantoccipital, 219, 221
Articulação biaxial, 209, 211
Articulação carpometacarpal, 219, 221
Articulação cartilagínea, 207
Articulação condilar (elipsóidea), 212-214
Articulação dentoalveolar, 219, 221
Articulação do cotovelo
  estrutura, 219, 220
  lesões, 219
  ligamentos, 219
  músculos, 290, 293-295
  ossos, 179, 181-182, 184
Articulação do joelho
  cápsula articular, 223, 225
  estrutura, 207, 223, 225-227
  funções, 223, 225
  lesões, 69, 225, 228
  ligamentos, 223, 225
  travamento do, 223, 225
Articulação do quadril
  cápsula articular, 221, 223-224
  estabilização, 123, 223, 225
  fratura, 323-324
  ligamentos, 221, 223
  movimento, 302-304, 306
  músculos, 302-304, 306
Articulação esferóidea, 212-213
Articulação esternoclavicular, 175-176, 215-217, 219, 222
Articulação esternocostal, 219, 221
Articulação fibrosa, 207
Articulação glenoumeral
  ligamento glenoumeral, 217, 219
Articulação intercarpal, 219, 221

Articulação interfalângica, 219, 221, 228-229
Articulação intertarsal, 228-229
Articulação metacarpofalângica, 219, 221
Articulação metatarsofalângica, 228-229
Articulação multiaxial, 212-213
Articulação radiocarpal, 219
Articulação radiulnar, 176, 179, 219, 221-222
Articulação sacrococcígea, 219, 221
Articulação sacroilíaca, 166, 168, 184, 186, 219, 221
Articulação talocrural, 187, 193, 225, 228-230. *Ver também* Tornozelo
Articulação talofibular, 225, 228
Articulação tarsometatarsal, 228-229
Articulação temporomandibular, 150-151, 214-215, 219, 221
Articulação tibiofibular, 225, 228
Articulação tibiotalar, 25
Articulação triaxial, 209, 211
Articulação umerorradial, 179, 181, 184, 219
Articulação umeroulnar, 179, 181, 184, 219
Articulação uniaxial, 209, 211
Articulação vertebral, 162-163
Articulação vertebrocostal, 219, 221
Articulações, 74. *Ver também articulações específicas*
  classificação
    estrutural, 207
    funcional, 206-208
  envelhecimento e, 228-229, 231
  movimento dinâmico, 209, 211
  movimentos, 209, 211-212
  sinovial. *Ver* Articulações sinoviais
Articulações deslizantes (planas), 212-214
Articulações elipsóideas (condilares), 212-214
Articulações não-axiais, 212-213
Articulações planas (deslizantes), 212-214
Articulações selares, 212-213
Articulações sinoviais
  classificação estrutural, 212-214
  deslocamento, 207-208
  estruturas acessórias, 207-208
  força e mobilidade, 207-208
  funções, 206-207
  líquido sinovial, 207-208
  tipos, 207
Articulações trocóideas, 212-214
Artrite, 229, 231, 233-234
  degenerativa, 233-234
  inflamatória, 233-234
  reumatóide, 233-234
Artroscópio, 233-234
Árvore bronquial, 638, 640-642
Árvore da vida, 412, 414-415
Asa do sacro, 166, 168
Asas maiores do esfenóide, 147-148
Asas menores do esfenóide, 147-148
Asbestose, 651-652
Ascite, 73, 84
ASD (angiografia por subtração digital), 23-24, 560
Asma, 640, 643, 651-652
Assadura, 108
Astrócitos, 344-345
Ataque do coração (infarto do miocárdio), 565-568
Ataxia, 414-415, 427-428
Atelectasia, 651-652
Aterosclerose, 574-575, 603-605
Ativação do oócito, 748-749
Ativação simpática, 458-459
Atlas, 164, 165
ATP (adenosina trifosfato), 32-33, 38-39, 246-247
Atresia, 727, 730
Átrio direito, 554, 556
Átrio esquerdo, 556, 558
Átrios, coração, 548, 550, 554, 556, 558
Atrito pleural, 73
Atrofia muscular, 249-250
Audição. *Ver também* Orelha
  cóclea, 486, 488-490
  desenvolvimento, 758, 780
  detecção de sons, 490
  perda da, 490, 502-503
  vias auditivas, 490-492
Audiograma, 503
Audiologista, 502
Aurícula
  átrio, 554, 556
Autólise, 41-43
Automaticidade (auto-ritmicidade), 561-562
Auto-regulação
  capilar, 575-576
  produção de urina, 694, 696
Avascular, 53
Avascularidade, tecido epitelial, 52
Áxis, 164, 165
Axolema, 346-347
Axônio, 77, 341-342, 344-345
Axoplasma, 350-351

B

Babinski, sinal de, 382-383
Baço, 622-624
Bainha radicular, folículo piloso, 97-98
Bainhas tendíneas sinoviais, 207-208, 294-295
Banda
  A, 243-244
  H, 243-244
  I, 244-245
Banda gástrica, 688-689
Banda moderadora, 554, 556
Baqueteamento, unhas, 89
Barorreceptores, 475-476
Barreira hemato-encefálica (BHE), 344-345, 391-395
Barreira hematoneural, 369
Barreira hematotesticular, 718-719
Barreira hemato-tímica, 620, 622
Base
  da patela, 193, 196
  do coração, 552, 554
  do estribo, 482-483
  do pulmão, 637-638
  do sacro, 166, 168
  metacarpal, 184
Basófilos, 68, 534-535, 539-540
Bastonetes, 496, 498
Bell, paralisia de, 422-423, 427-428
Beta-adrenérgicos, 640, 643
Bexiga automática, 711-712
Bexiga urinária, 694, 704-706, 792
Bifosfonatos, 126-127
Bigorna, 482-483
Bile, 680-685
Bilirrubina, 680-681
Biópsias, 366
Blastocele, 751-752
Blastocisto, 79, 739-740, 750-752
Blastodisco, 751-753
Blastômero, 751
Bloqueador solar, 96
Bloqueadores dos canais de cálcio, 561-562
Bloqueio epidural, 366, 382-383
Bochechas, 662-663
Bócio, 522, 526
Bolsa subacromial, 219
Bolsa subcoracóide, 219
Bolsa subdeltóidea, 219
Bolsa subescapular, 219
Bolsas
  articulação do ombro, 219
  articulação sinovial, 207-208
  funções, 207-208
Bolsas adventícias, 207-208
Bolsas faríngeas, 781
Bomba de troca, 33
Bomba muscular, 576-577
Bombas iônicas, 33
Botão terminal (botão sináptico), 350-351
Braço, 14
Braço. *Ver* Membro superior
Bradicardia, 562-564, 567-568
Broncoconstrição, 640, 643
Broncodilatação, 640, 643
Broncodilatadores, 640, 643
Broncoespasmo, 640, 643
Broncograma, 642
Bronquíolos, 640, 643-644
  respiratórios, 640, 643
  terminais, 640, 643
Brônquios, 638, 640, 643
  extrapulmonares, 637-638
  lobares superior/médio/inferior, 638, 640
  primários, 637-638, 640-642
  principais esquerdo/direito, 637-638
  secundários, 638, 640
  terciários, 638, 640
Bronquite, 640, 643, 651-652
Broto do ureter (divertículo metanéfrico), 792
Brotos pulmonares, 787
"Bucal", estrutura dental de referência, 666-667
Bulbo
  anatomia macroscópica, 148, 414-415
  centro de controle respiratório, 415, 649-650
  desenvolvimento, 387-389
  funções, 389, 414-415, 442
  visão geral, 388-389
Bulbo, pênis, 723, 725
Bulbo piloso, 97-98
Bulbos olfatórios, 416, 418
Bulbos vestibulares, vagina, 736-737
Burkitt, linfoma de, 620, 622
Bursite, 219, 292, 324, 651

C

Cabeça (região do corpo)
  anatomia de superfície, 328-329
  anatomia seccional, 336-337, 633-634
  angiograma, 585
  artérias, 585
  drenagem linfática, 618
  músculos, 263-267
  nervos, 372
  ossos. *Ver* Crânio
  veias, 593, 595
Cabeça, 128
  da costela, 169
  da fíbula, 193, 196
  da ulna, 176, 179
  do epidídimo, 722
  do espermatozóide, 719, 721
  do fêmur, 187, 193
  do pâncreas, 683-684
  do rádio, 179, 181, 184
  do úmero, 176, 179
Cadeia beta, hemoglobina, 536-537
Cadeias alfa, hemoglobina, 536-537
Câibras, 292, 324
Caixa torácica, 166, 168-170
Calázio, 491-492
Calcâneo, 196, 198-199
Calcificação, 117-118
  focal, 574-575
Calcificado, 62
Cálcio
  corpo humano, 4
  metabolismo, 124-125
  na contração muscular, 246-247
  no osso, 112
Calcitonina, 124-125, 513, 515
Calcitriol, 124-125, 513, 515, 517-518. *Ver também* Vitamina D
Cálculos, 707, 711-712
Cálculos biliares, 684-685
Cálculos renais, 707, 711-712
Cálices menores/maiores, 694, 696-697
Cálices ópticos, 779
Calículos gustatórios, 478-479
Calo, 92
  osso, interno/externo, 125-126, 130
  pele, 92, 105
Calosidades, 92, 105
Calvária (abóbada craniana), 135, 142
Calvície, 98, 100
Camada
  basilar, útero, 733-734
  densa, lâmina basal, 54
  do manto, 774-775
  ependimária (neurocele), 387, 389, 774-775
  fosfolipídica dupla, 31
  funcional, útero, 733-734
  marginal, 774-775
  neural, retina, 49-50
  osteogênica, 119-120
  papilar, derme, 95-96
  parietal, 772
  pigmentar, retina, 496
  reticular, derme, 95-96
Camadas germinativas, 79, 752-753
  primárias, 79
Câmara postrema, 493, 495
Campo receptor, 471
Canais, membrana celular, 31
Canais de Volkmann (perfurantes), 112-113
Canais do hipoglosso, occipital, 135, 142, 155, 156
Canais dos incisivos, 148, 155
Canais inguinais, 276, 279, 715
Canais perfurantes (de Volkmann), 112-113
Canais semicirculares, 483-486
Canais-porta, 31
Canal, 128
  central (de Haver), 112-113
  da mandíbula, 150-151
  do osso lacrimal, lacrimonasal, 150-151, 155, 157
  esfenóide
    óptico, 147-148, 155, 157
    pterigóideo, 147-148

maxila, incisivo, 148, 155
occipital, hipoglosso, 135, 142, 155-156
osso temporal
auditivo, 145, 155-156
carótico, 145-146, 155-156
musculotubário, 145-146
perfurante (de Volkmann), 112-113
sacral, 166, 168
vertebral, 162-163
Canal anal, 677, 679
Canal auditivo. *Ver* Meato acústico
Canal carótico, temporal, 145-146, 155-156
Canal central
medula espinal, 367, 369
osso (canal de Haver), 112-113
Canal da mandíbula, 150-151
Canal da raiz do dente, 664-666
Canal de Havers (central), 112-113
Canal de passagem, 575
Canal de Schlemm, 499
Canal do colo do útero, 732-733
Canal lacrimonasal, lacrimal, 150-151, 155, 157
Canal musculotubário, 145-146, 480, 482
Canal óptico, esfenóide, 147-148, 155, 157
Canal pterigóideo, esfenóide, 147-148
Canal sacral, 166, 168
Canal vaginal, 735-736
Canal vertebral, 162-163
Canalículos, 72, 112, 493, 495
bilíferos, 681-682
lacrimais, 493, 495
Câncer
cervical, 732-733
de colo do útero, 732-733
de mama, 737-739
de ovário, 725, 727
de pele, 96
de próstata, 742-743
de pulmão, 643, 646, 650-652
de testículo, 722
de útero, 732-733
definição, 47-49
desenvolvimento, 78
divisão celular e, 47
endometrial, 732-733
metastático, 620, 622
tipos, 78
Candidíase, 742-743
Caninos, 664-666
Capacitação, 722
Capilar contínuo, 575-576
Capilares
contínuos, 575
estrutura, 573-577
fenestrados, 575
funções, 68, 548, 550
linfáticos, 609-611
mecanismos, 575
peritubulares, 698-699
Capilares fenestrados, 575-576, 698-699
Capilares peritubulares, 698-699
Capitato, 184
Capítulo, úmero, 176, 179
Cápsula, órgãos, 68, 74-75
Cápsula articular, 117-118, 207
Cápsula de Bowman (cápsula glomerular), 698-699
Cápsula fibrosa do rim, 694
Cápsula glomerular (de Bowman), 698-699
Cápsula interna, córtex cerebral, 401
Características de superfície (acidentes ósseos), 127-128
Carboidratos, 685-686
Carcinógeno, 48-49
Carcinoma, 78. *Ver também* Câncer
basocelular, 96, 108
de células escamosas, 96, 108
Cárdia, estômago, 668-669
Cardiomiopatias, 567-568
Cardioversor/desfibrilador implantável automático (AICD), 564-565
Cardite, 554, 556, 567-568
Carina, 637-638
Caroteno, 93-95
Cartilagem
alar, 632
aritenóidea, 635-636
articular, 114-115, 119-120, 207
corniculada, 635-636
costal, 169
cricóidea, 634-635
cuneiforme, 635-636
da laringe, 634-636
e osso, 72
elástica, 70, 71
epifisial, 119-121
epiglótica, 634-635
fibrosa, 70, 71
formação e crescimento, 69
hialina, 70, 71
nasal, 632
tipos, 70-71
tireóidea, 512-513, 634-635
traqueal, 636-637
Carúncula lacrimal, 491-492
Casos clínicos
sistema circulatório (síndrome do roubo da subclávia), 600, 603-605
sistema digestório (doença inflamatória intestinal), 686-689
sistema endócrino (tireoidite de Hashimoto), 524-526
sistema esquelético (lesão em chicote), 229, 231-232
sistema linfático (linfoma torácico), 624-626
sistema muscular (fratura de quadril), 323-324
sistema nervoso (perda auditiva), 502-503
sistema respiratório (câncer de pulmão), 650-651
sistema urinário (síndrome hemolítico-urêmica), 709-710
sistemas urinário e genital (prolapso uterovaginal), 740-743
tegumento comum (alergia ao látex), 106-108
Catarata, 499, 503
senil, 500
Catecolaminas, 508. *Ver também* Epinefrina; Norepinefrina
Cateter cardíaco, 561-562
Cauda
do epidídimo, 722
do espermatozóide, 719, 721
do pâncreas, 683-684
Cauda eqüina, 362-363
Caudal, 15-16
Cavidade (fossa) glenoidal, escápula, 175-176
Cavidade abdominal
anatomia macroscópica, 20
anatomia seccional, 338-339
Cavidade abdominopélvica, 19-20
Cavidade amniótica, 751-752
Cavidade anterior, olho, 493, 495-496
Cavidade bucal. *Ver* Cavidade oral
Cavidade corporal anterior, 18-20
Cavidade craniana, 135
Cavidade da medula. *Ver* Cavidade medular
Cavidade escrotal, 715, 717-718
Cavidade folicular, 512-513
Cavidade medular, 112-114, 116
Cavidade nasal, 632-634
Cavidade oral, 662-667
anatomia macroscópica, 662-667
dentes, 664-667
glândulas salivares, 663-666
língua, 662-664
Cavidade pélvica, 20, 339
Cavidade pericárdica, 18-19, 548-550
Cavidade peritoneal, 19-20
Cavidade pleural, 18-19, 643, 646, 788
Cavidade posterior, olho, 493, 495-496
Cavidade pulpar, dente, 664-666
Cavidade timpânica, 145-146, 480, 482. *Ver também* Orelha média
Cavidade torácica
anatomia seccional, 338, 646-648
conteúdo, 18-19
localização do coração, 549
Cavidades corporais, 18-20
Caxumba, 664-666, 688-689
Ceco, 676-677
Cefaléia, 343
tensional, 343
Celoma, 18-19, 789
Célula
anatomia
citoplasma, 34-36
fluxo de membrana, 43
organelas membranosas, 38-43
organelas não-membranosas, 36-39
plasmalema, 31-35
visão geral, 29-30
ciclo de vida
interfase, 44-46
mitose, 46-49
definição, 2, 27-28
diversidade, 28
estudo da
fluxograma, 29
microscopia de luz, 2, 27-28
microscopia eletrônica, 2, 27-28
ligações intercelulares, 43-45
Célula adiposa unilocular, 66
Celularidade, tecido epitelial, 52
Células adiposas
brancas, 66
marrons, 66
multiloculares, 66
Células alfa, pâncreas, 519-521
Células alveolares, 640, 643
tipo I, 640, 643
tipo II, 640, 643
Células amácrinas, retina, 496, 498
Células anucleadas, 39
Células B, 540, 612-613
de memória, 612-613
Células basais. *Ver* Células-tronco
Células beta, pâncreas, 519-521
Células bipolares, retina, 496, 498
Células caliciformes, 59-60
Células da teca, 730-731
Células de condução, 561-562
Células de cromafina, 517-518
Células de gordura. *Ver* Adipócitos
Células de Kupffer (células reticuloendoteliais estelares), 680-681
Células de Langerhans, 91-92, 106-107
Células de Merkel, 91-92, 473
Células de Purkinje, 412, 414, 563, 566
Células de Schwann, 345-348
Células de Sertoli, testículos, 520-521, 718-719, 721
Células de sustentação
olfatórias, 477
orelha interna, 483
Células delta, pâncreas, 519-521
Células dendríticas, 617
Células ependimárias, 345-347
Células espumosas, 574-575
Células estelares, 62
Células etmoidais, 153
Células F, pâncreas, 519-521
Células fixas, tecido conectivo, 62-63
Células G, 673
Células ganglionares, retina, 496, 498
Células germinativas primordiais, 795
Células germinativas. *Ver* Células-tronco; Gametas
Células glandulares, 53
Células gliais. *Ver* Neuróglia
Células granulosas, 730-731
Células gustativas, 478-479
Células horizontais, retina, 496, 498
Células intersticiais, testículos (células intersticiais de Leydig), 519-520, 718
Células justaglomerulares, 700, 703
Células livres, tecido conectivo, 62, 63
Células marca-passo (auto-ajustáveis), 75, 562-563, 658
Células mastóideas, 145-146, 156
Células mesangiais, 699-700
extraglomerulares, 700, 703
Células mesenquimais, 62, 63, 64
Células mioepiteliais, 101-102
Células mucosas, 59-60
do pescoço, 672
Células multinucleares, 38-39, 75, 240-241, 243
Células musculares satélites, 75, 238-241, 243
Células nervosas. *Ver* Neurônios
Células neuroendócrinas, 673
Células NK, 540, 614
Células nodais, 562-563
Células osteoprogenitoras, 112-113
Células oxínticas (células parietais), 672-673
Células parafoliculares. *Ver* Tireócitos C
Células paratireóideas, 513, 515
Células parietais, 672, 673
Células pilosas, 483
Células piramidais, 396, 398, 400, 436-437
Células principais. *Ver* Células paratireóideas
estômago, 672-673
paratireóide, 513, 515
Células reprodutivas. *Ver* Gametas
Células reticulares, 620, 622
Células reticuloendoteliais estelares (de Kupffer), 680-681
Células satélites, 345-347
Células sexuais (gametas), 27-28, 44-45, 715
Células somáticas, 27-28. *Ver também* Célula
Células T, 540, 612-613
auxiliares, 612-613
citotóxicas, 612-613
de memória, 612-613
supressoras, 612-613

Células zimogênicas. *Ver* Células principais
Células-alvo, 509
Células-filhas, 44-45
Células-tronco (células basais; células germinativas), 48-49
  desenvolvimento, 764
  epidérmicas, 91-92
  gustatórias, 479-480
  linfáticas pluripotentes, 541
  linfóides multipotentes, 541
  mielóides multipotentes, 541
  olfatórias, 477
  pluripotentes, 541, 615-616
Cemento, 664-666
Centríolos, 29, 36-38
Centro, 341-342, 344, 357-358
Centro apnêustico, 650
Centro cardioacelerador, 566-567
Centro cardioinibidor, 566-567
Centro da fala, 443-444
Centro da sede, 406
Centro de ossificação
  primário, 119-120
  secundário, 119-120
Centro expiratório, 649-650
Centro germinativo, 616
Centro inspiratório, 649-650
Centro pneumotáxico, 650
Centrômero, 46
Centros autônomos, hipotálamo, 406, 407
Centros cardiovasculares, 415
Centros de ossificação, 117-120
Centros reflexos, bulbo, 415
Centros respiratórios, 649-650
Centros rítmicos respiratórios, bulbo, 415, 649-650
Centrossomo, 29, 30, 36-38
Cerebelo
  anatomia macroscópica, 412-414
  embriologia, 387-389
  funções, 412, 414-415, 439-442
  visão geral, 388-389
Cérebro
  anatomia macroscópica, 387-389
  disfunção, 414-415
  embriologia, 387-389
  hemisférios cerebrais (córtex cerebral)
    anatomia macroscópica, 387, 389, 397, 399
    áreas de associação, 400-401
    áreas motoras e sensitivas, 396, 398, 400-401, 442
    centros de integração, 400-401, 442-445
    especialização, 443-445
    função de memória, 444-445
    lobos, 396-397
    núcleos da base, 401
    substância branca central, 400-401
  sistema límbico, 401, 404
Cerume, 102-103, 480, 482
Cesariana, 762
Cetoacidose, 526
Cheiro. *Ver* Olfação
Chlamydia pneumoniae, 574-575
Chlamydia trachomatis, 496
Choque medular, 367, 369, 382-383
Chumbo, intoxicação por, 352-353
Cianose, 93-94
Ciclo cardíaco
  coordenação de contrações, 561-563
  função valvar durante o, 556, 558, 561
  sistema condutor, 562-563, 566
  visão geral, 561-563
Ciclo do crescimento capilar, 98, 100
Ciclo menstrual (ciclo uterino), 734-737
Ciclo ovárico, 725, 727, 730-732, 736-737
Ciclo uterino (ciclo menstrual), 734-737
Cifose, 161-162, 171-172
Cilindro, 535-536
Cílios, 30, 37-38, 491-492
Cílios gustatórios (microvilosidades), 479-480
Cimento intercelular, 43
Cinetose, 487
Cíngulo do membro inferior
  desenvolvimento, 771
  músculos, 302-304, 306
  ossos, 186-160
Cíngulo do membro superior
  articulações, 222
  músculos, 287-289
  ossos, 175-176, 179
Cinocílio, 484
Cinta de adesão (*zonula adherens*), 44-45
Circuito neural, 355-356
Circulação coronariana, 558, 561
Circulação placentária, 755, 757
Circulação pulmonar, 548, 550, 578-580
Circulação sistêmica
  artérias, 578-590, 592
  veias, 590, 592-600
  visão geral, 548, 550, 578-579, 581
Círculo arterial do cérebro (círculo de Willis), 582, 586
Círculo de Willis (círculo arterial do cérebro), 582, 586-587
Circuncisão, 723, 725
Circundução, 209-212
Cirrose, 686-689
Cirurgia artroscópica, 225, 228, 233-234
Cirurgia de revascularização coronariana, 561-562
Cisterna do quilo, 611-612
Cisternas, 39-40
Cisternas terminais, 243-244
Cistite, 708, 711-712
Citocinese, 47, 749
Citoesqueleto, 29, 34-36
Citologia, 2, 27-28
Citoplasma
  citosol, 29-30, 36
  organelas membranosas
    aparelho de Golgi, 40-43
    fluxo de membrana, 43
    lisossomos, 41-43
    mitocôndrias, 38-39
    núcleo, 38-40
    peroxissomos, 41-43
    retículo endoplasmático, 39-41
    visão geral, 30
  organelas não-membranosas
    centríolos, cílios e flagelos, 36-38
    citoesqueleto, 34-36
    ribossomos, 37-38
    visão geral, 30
Clamídia, infecções por, 742-743
Claustro, 401
Clavícula, 175-177
Climatério masculino, 740-741
Clitóris, 737-739
Clivagem, 79, 749, 751
Cloaca, 790
Coagulação do sangue, 533, 541
Cóanos, 632
Cóccix, 158-159, 166, 168
Cóclea, 483, 486, 488-489
Codificação sensorial, 471
Colar ósseo, 19
Colaterais
  arteriais, 575-576
  axônio, 350-351
Colecalciferol, 124-125. *Ver também* Vitamina D
Colecistite, 684-685, 688-689
Colecistoquinina (CCK), 673, 682-683
Colelitíase, 684-685, 688-689
Colesterol
  membrana celular, 524
  sangue, 524
Colículo inferior/superior, 410, 411, 485-486
Colinesterase, 246-247
  tecidual, 461
Colite, 688-689
  ulcerativa, 688-689
Colles, fratura de, 129
Colo
  da bexiga, 705-706
  da vesícula biliar, 663-664
  do dente, 664-666
Colo (acidente ósseo), 128
  costela, 169
  escápula, 175-176
  fêmur, 187, 193
  rádio, 179, 181, 184
  úmero, anatômico/cirúrgico, 176, 179
Colo, 676-677, 679
  ascendente, 677, 679
  descendente, 677, 679
  sigmóide, 659-660, 662, 677, 679
  transverso, 659-660, 662, 677, 679
Colo do útero, 732-733
Colo espástico/colite espástica, 688-689
Colóide, 512-513
Colostomia, 688-689
Coluna
  definição, 341-342, 344, 357-358
  substância branca, 367-369
  vertebral. *Ver* Coluna vertebral
Coluna (acidentes ósseos), 128
Coluna vertebral. *Ver também* Discos intervertebrais
  articulações, 214-216, 219, 221
  curvaturas, 159-161
  desenvolvimento, 768-769
  movimentos, 215-216, 219, 221
  músculos, 271, 273-275
  nota clínica, 161-162
  ossos, 161-163
  regiões, 158-166, 168, 365
Coluna. *Ver* Coluna vertebral
Colunas anais, 677, 679
Colunas brancas anterior/lateral/posterior, 367, 369
Colunas epiteliais, 764
Colunas renais, 694
Coma, 445-446
Comissura anterior, 401
Comissura branca, 367, 369
Comissuras cinzentas, 367, 369
Compartimentos
  membro inferior, 318, 321-322
  membro superior, 318-320
Compatibilidade, tipos sangüíneos, 537-538
Complexo estimulante do coração, 563, 566
Complexo justaglomerular, 700, 703
Complexo nasal, 152, 153
Complexo orbital, 150-152
Complexo QRS, 565-566
Complexo vestibular, 483-486
Compressão espinal, 367, 369
Compressão isquiática, 377
Concentrado de hemácias, 531, 544-545
Concepção. *Ver* Fertilização
Concha nasal, 632
Conchas nasais inferior/média/superior, 147-148, 150, 157
Concussão, 232-234, 391-392, 427-428
Concussão espinal, 367, 369
Côndilo, 128
  da tíbia, medial/lateral, 193, 196
  do fêmur, medial/lateral, 193, 196
  do úmero, 176, 179
  occipital, 135, 142, 156
Côndilos occipitais, 135, 142, 156
Condroblastos, 81
Condrócitos, 69
Condrocrânio, 766
Condroma, 78
Condrossarcoma, 78
Cone arterial, 554, 556
Cone medular, 362-363
Cones, 496, 498
Conexons, 44
Confluência dos seios, 592-593
Confusão, 445-446
Coniófagos (macrófagos alveolares), 643, 646
Conjuntiva, 492-493
Conjuntiva bulbar (ocular), 492-493
Conjuntiva ocular (bulbar), 492-493
Conjuntiva palpebral, 492-493
Conjuntivite, 496
Conjuntivite crônica, 496
Consciência, 445-446
Consolidação da memória, 444-445
Constipação, 688-689, 741-743
Contagem diferencial, glóbulos brancos do sangue, 538-539
Contagem espermática, 723, 725, 748
Contração
  ferimento, 108
  músculo, 245-249
Contração muscular
  controle neural, 246-250
  final da, 246-247
  início da, 246-247
  teoria do filamento deslizante, 245-247
  visão geral, 247-250
Contrações atriais prematuras (CAPs), 564
Contrações ventriculares prematuras (CVPs), 564
Contratura, 319
Controle motor somático, 440-442
Contusão espinal, 367, 369
Contusão óssea, 292, 324
Convergência, 355-357
Coração
  anatomia de superfície, 552, 554, 556
  anatomia interna, 554, 556, 558
  anatomia seccional, 555
  ciclo cardíaco, 561-563, 566
  desenvolvimento, 783
  envelhecimento e, 600, 603
  estrutura da parede, 550-552. *Ver também* Músculo cardíaco
  funções endócrinas, 517-518
  hormônios produzidos pelo, 508
  infecção e inflamação, 554, 556
  orientação, 552, 554
  posição, 549, 552, 554
  tecido muscular. *Ver* Músculo cardíaco
  valvas, 556, 558, 561
  vasos sangüíneos, 558, 561-562

Cordão umbilical (pedúnculo umbilical), 755, 757, 790
Cordões do testículo, 794
Cordões espermáticos, 715
Cordões esplênicos, 622-623
Cordões medulares, linfonodos, 617
Cordões sexuais primários, 793, 795
Cório, 755, 757
Corióide, olho, 496
Córnea, 492-493
Cornos, medula espinal, 367, 369
Cornos cinzentos, anterior/lateral/posterior, 367, 369
Cornos coccígeos, 166, 168
Cornos maiores, hióide, 153-154, 158-159
Cornos menores, hióide, 153-154, 158-159
Cornos sacrais, 166, 168
Coroa, dente, 664-666
Coroa radiada, 730-731, 748
Corpo
  da costela, 170
  da escápula, 175-176
  da língua, 663-664
  da mandíbula, 150-151
  da vesícula biliar, 682-683
  do epidídimo, 722
  do esterno, 170
  do músculo, 251-252
  do osso esfenóide, 145-146
  do osso metacarpal, 184
  do pâncreas, 683-684
  do pênis, 723, 725
  do útero, 732-733
  gástrico, 668-669
Corpo albicante, 727, 730-732
Corpo amigdalóide, 401
Corpo basal, 37-38
Corpo caloso, 401
Corpo celular, neurônio, 77, 344-345
Corpo ciliar, 496
Corpo da unha, 102-103
Corpo esponjoso, 723, 725
Corpo geniculado, lateral/medial, 405-406
Corpo lúteo, 520-521, 727, 730-731
Corpo polar, 730-731
Corpo vertebral, 161-162
Corpo vítreo, 493, 495, 499
Corpos cavernosos, 723, 725
Corpos de inclusão, 36
Corpos mamilares, 401, 404, 407
Corpúsculo de Nissl. *Ver* Corpúsculo tigróide
Corpúsculo de Paccini (lamelares), 97, 475
Corpúsculo renal, 698-700, 702
Corpúsculo tigróide (corpúsculo de Nissl), 349
Corpúsculos de Meissner. *Ver* Corpúsculos táteis
Corpúsculos de Ruffini, 475
Corpúsculos do timo, 620, 622
Corpúsculos lamelares, 97, 475
Corpúsculos táteis, 97, 475
Corte parassagital, 17
Corte sagital mediano, 17
Córtex
  da glândula supra-renal. *Ver* Glândula supra-renal
  linfonodos, 617
  osso, 114-115
  ovário, 725, 727
  pêlo, 97-98
  renal, 694
  timo, 620, 622
Córtex auditivo, 400-401
Córtex cerebral. *Ver* Cérebro
Córtex gustativo, 400-401
Córtex motor primário, 396, 398, 400
Córtex neural, 341-342, 344, 357-358
Córtex olfatório, 400-401
Córtex pré-frontal, 400-401, 443-444
Córtex renal, 694
Córtex sensorial primário, 396, 398, 400
Córtex visual, 396, 398, 400
Corticosteróides, 515-516
Corticosterona, 516-517
Corticotrópicos, 510, 512-513
Cortisol, 516-517
Cortisona, 516-517
Costas
  anatomia de superfície, 330
  músculos, 271, 273-275, 285-287
  ossos, 158-170
Costelas, 169-170, 769
Costelas falsas, 169
Costelas flutuantes, 169
Costelas verdadeiras, 169
Costelas vertebrocondrais, 169
Couro cabeludo. *Ver* Epicrânio
Coxa. *Ver* Membro inferior
Coxins bucais, 662-663
Coxins de gordura
  articulação do joelho, 223, 225
  articulações sinoviais, 207-208
  bucal, 662-663
Craniano, 15-16
Crânio
  articulações, 219, 221
  características da superfície, 156-159
  corte sagital, 141
  desenvolvimento, 766-767
  diferenças sexuais, 200-201
  forames e fissuras, 155
  lactente, 155, 159-160
  problemas de crescimento, 155
  recém-nascido, 766
  secção horizontal, 140
  subdivisão facial, 135, 142, 148, 150-154, 157-159
  subdivisões cranianas, 135, 142-148, 156-157
  vista anterior, 138
  vista inferior, 139
  vista lateral, 137
  vista posterior, 136
  vista superior, 136
Crânio, 135, 142-148, 156-157, 392
Cranioestenose, 155, 171-172
Creatina, 709-710
Crescimento aposicional
  cartilagem, 69
  osso, 119-120, 122
Crescimento intersticial, 69, 119-120
Cretinismo, 522
Criptas intestinais (criptas de Lieberkühn), 674
Criptorquidismo, 742-743
Crise tireotóxica, 526
Crista, 128
  da costela, interarticular, 170
  fêmur, intertrocantérica, 187, 193
  frontal, 135, 142, 156
  nasal, 148, 150
  occipital, 135, 142, 156
  ossos do quadril, ilíaca/púbica, 184, 186
  palatina, conchal/etmoidal, 148, 150
  sacral lateral/mediana, 166, 168
Crista, orelha interna, 484
Crista apical, 771, 773
Crista conchal, 148, 150
Crista etmoidal, 147-148, 157
Crista frontal, osso frontal, 135, 142, 156
Crista ilíaca, 184, 186
Crista intertrocantérica, 187, 193
Crista nasal, 148, 150
Crista neural, 74, 775
Crista occipital 135, 142, 156
Crista púbica, 184, 186
Crista sacral, lateral/mediana, 166, 168
Crista urogenital, 791
Cristas, mitocôndrias, 38-39
Cristas epidérmicas, 93-95
Cristas genitais, 755, 757
Crohn, doença de 688-689
Cromátides, 46
Cromatina, 29, 39-40
Cromossomo, 39-40
Cromossomos-filhos, 47
Crônico, 687-688
Crosta, 104, 108
Cubóide, 196, 198-199
Cuneiformes, 196, 198-199
Cúpula, 484
"Curto", nome do músculo, 254-255
Curva cervical, 159-161
Curva sacral, 159-161
Curva torácica, 159-161
Curvatura maior, estômago, 668-669
Curvatura menor, estômago, 668-669
Curvaturas da coluna, 159-161
Curvaturas de acomodação, 159-160
Curvaturas de compensação, coluna, 159-160
Curvaturas primárias, coluna, 159-160
Curvaturas secundárias, coluna, 159-160
Cushing, doença de, 522
Cúspides, 554, 556
Cutícula
  pêlo, 97-98
  unha, 102-103

D

Decídua basal, 755, 757
Decídua capsular, 755, 757
Decídua parietal, 755, 757
Dedos
  músculos, 293-301
  ossos 184-186
Dedos do pé. *Ver* Pé
Defecação, 656
Defeito de septo atrioventricular (AV), 602
Defeito de septo ventricular, 602
Defeitos do tubo neural, 167, 776
Degeneração walleriana, 352-354
Deglutição, 635-637, 666-668
Delírio, 445-448
Demência, 445-448
Demência senil (senilidade), 446-447
Dendrito axo-axônico, 354-355
Dendrito axossomático, 354-355
Dendritos, 77, 341-342, 344-345
Dente do áxis, 164
Dente do siso, 666-667
Dentes, 664-667
  anatomia macroscópica, 664-666
  estrutura dental de referência, 666-667
  mastigação, 664-667
  sucessão dental, 666-667
  tipos, 664-666
Dentes caninos, 664-666
Dentes decíduos, 666-667
Dentes pré-molares, 666-667
Dentição primária, 666-667
Dentina, 664-666
Depressão (movimento), 211-213
Derivados de aminoácidos, 508
Dermatite, 108
  de contato, 108
  seborréica, 101-102, 108
Dermátomos, 370-371
Derme, 95-97
  camadas, 89-90, 95-96
  desenvolvimento, 764
  envelhecimento e, 105-107
  estrias de distensão, 96
  estrutura, 68
  inervação, 97
  irrigação sangüínea, 97
  linhas de clivagem, 96
  rugas, 96
Derrame. *Ver* Acidente vascular encefálico
Derrames pleurais, 73, 651-652
Descida, testículos, 715, 717-718
Desenvolvimento
  coluna vertebral, 768-769
  coração, 783
  crânio, 766-767
  definição, 3, 748
  embrionário, 748
  encéfalo, 387-389, 777-778
  epitélios, 80
  erro, 750
  esqueleto apendicular, 117-120, 770-771
  fetal, 748
  medula espinal, 768-769, 775-776
  músculos, 772-773
  olhos, 758, 779
  orelhas, 758, 780
  órgãos dos sentidos, 756, 779-780
  osso, 117-125, 388
  pós-natal, 748
  pré-embrionário, 748-749
  pré-natal, 748, 758-759
    primeiro trimestre, 750-757
    segundo trimestre, 757-760
    terceiro trimestre, 757-760
  sistema circulatório, 783-785
  sistema digestório, 661, 759, 789-790
  sistema endócrino, 759, 781-782
  sistema genital, 759, 793-795
  sistema linfático, 786
  sistema nervoso, 774
  sistema respiratório, 787-788
  sistema urinário, 791-792
  sistemas de órgãos, 82-83
  tecido, 79
  tecidos conectivos, 64, 81
  tegumento comum, 764-765
  visão, 758, 779
  visão geral, 748
Desenvolvimento embrionário, 748. *Ver também* Desenvolvimento
Desenvolvimento fetal, 748. *Ver também* Desenvolvimento
Desenvolvimento pós-natal, 748
Desenvolvimento pré-embrionário, 748
Desenvolvimento pré-natal, 748, 758-759. *Ver também* Desenvolvimento
Desfibriladores, 564-565
Desfibriladores externos automáticos (DEAs), 565
Deslizamento de disco, 216-217
Deslocamento (luxação), 207-208, 233-234
Desmielinização, 357-358
Desmossomo, 44-45
Desvio, 397, 704-705

Desvio de septo nasal, 153-154, 171-172
Detecção do som, 490. *Ver também* Audição
Diabete insípido, 510, 512, 526
Diabete juvenil. *Ver* Diabete melito insulino-dependente
Diabete melito
  definição, 526
  insulino-dependente, 526
  não-insulino-dependente, 526
  sistema nervoso autônomo e, 465
Diabete melito insulino-dependente (DMID), 526
Diabete melito não-insulino-dependente (DMNID), 526
Diabete tipo 1. *Ver* Diabete melito insulino-dependente
Diabete tipo 2. *Ver* Diabete melito não-insulino-dependente
Diabetes de início no adulto, 526
Diáfise
  pênis, 723, 725
  ulna, 176, 179
  úmero, 176, 179
Diáfise, 114-116
Diafragma, 18, 170, 274, 276, 278-279, 646-648
Diafragma da pelve, 279, 281
Diafragma da sela, 391-392
Diafragma urogenital, 279, 281
Diagnóstico, 4, 23-24
Diálise (hemodiálise), 704-705, 711-712
Diálise peritoneal, 704-705
Diálise peritoneal ambulatória contínua (DPAC), 704-705
Diapedese, 538-539
Diarréia, 687-689, 709-710
Diartrose, 206. *Ver também* Articulações sinoviais
Diástole, 561-562
Diencéfalo, 777
  anatomia macroscópica, 148, 409
  embriologia, 387-389
  epitálamo, 405-406
  funções, 387, 389
  hipotálamo. *Ver* Hipotálamo
  tálamo, 405-406
Diferenças de gênero. *Ver* Diferenças sexuais
Diferenças sexuais
  esqueleto, 200-201
  pelve, 187, 193
Diferenciação, 12-13, 748
Difteria, 352-353
Difusão, 32-34
Difusão facilitada, 32-34
Digestão, 12-13
Dimenidrinato, 487
Dióxido de carbono, na hemoglobina, 536-537
Díploe, 126-127
Direção anterior, 15-16
Direção cefálica, 15-16
Direção distal, 15-16
Direção dorsal, 15-16
Direção lateral, 15-16
Direção medial, 15-16
Direção profunda, 15-16
Direções anatômicas, 15-16
Disco óptico, 496, 498
Disco Z, 244-245
Discos articulares. *Ver* Meniscos
Discos de Merkel. *Ver* Discos táteis
Discos intercalados, 75, 550-552
Discos intervertebrais
  anatomia macroscópica, 161-162, 214-216
  articulações, 206, 219, 221
  funções, 214-215
  hérnias, 216-217
  nota clínica, 216-217
Discos táteis, 97, 473
Dislexia, 443-444, 447-448
Dismenorréia, 734-735
Dismetria, 414-415, 427-428
Displasia, 84
Disposição 9 + 0, 37-38
Disposição 9 + 2, 37-38
"Distal", estrutura dental de referência, 666-667
Distrofia muscular, 257-258
Distúrbios neurológicos, sintomas, 343
Disúria, 708, 711-712
Divergência, 355-356
Diverticulite, 686-687
Divertículo mesonéfrico (broto do ureter), 792
Diverticulose, 688-689
Divisão aferente, sistema nervoso periférico, 341
Divisão celular, 44-45
Divisão craniossacral, sistema nervoso autônomo. *Ver* Divisão parassimpática (craniossacral)
Divisão de "repouso e inação". *Ver* Divisão parassimpática (craniossacral), sistema nervoso autônomo
Divisão eferente, sistema nervoso periférico, 341
Divisão parassimpática (craniossacral), sistema nervoso autônomo
  ativação, 461
  componentes, 453-454, 460-464
  funções, 461
  reflexo visceral, 466
  relações com a divisão simpática, 463-464
  visão geral, 452-453, 460-461
Divisão simpática (toracolombar), sistema nervoso autônomo
  funções, 458-460
  gânglios colaterais, 455-458
  gânglios da cadeia simpática, 454, 456-458
  medulas supra-renais, 458-459
  reflexo visceral, 466
  relação com a divisão parassimpática, 463-464
  visão geral, 452-454, 456, 459-460
Divisão toracolombar, sistema nervoso autônomo. *Ver* Divisão simpática (toracolombar)
DNA polimerase, 46
Doença, 6, 23-24
Doença coronariana, 560-562, 567-568
Doença da membrana hialina (DMH), 646-648
Doença grave por imunodeficiências combinadas (DGIC), 626
Doença hemolítica do recém-nascido, 544-545
Doença inflamatória intestinal, 686-689
Doença inflamatória pélvica (DIP), 742-743
Doença periodontal, 688-689
Doença por imunodeficiência, 626
Doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC), 640, 643
Doença respiratória, 651-652
Doença reumática do coração, 567-568
Doença/distúrbio auto-imune, 524, 626, 687-688
Doenças de armazenamento lisossômico, 41-43
Doenças desmielinizantes, 352-353
Doenças sexualmente transmissíveis (DSTs), 742-743
Doenças vasculares encefálicas, 48-49, 395, 447-448
Dopamina, 410
Doping sangüíneo, 54
Dor
  aguda, 473
  ciática (isquiatalgia, lumbago), 216-217, 233-234, 377
  crônica, 473
  lenta, 472-473
  rápida, 472-473
  referida, 472-473, 503
Dorso
  da língua , 633
  do nariz, 632
Dorso da sela, 147-148
Drenos torácicos, 170-172
Ducto arterial, 600, 603, 649-650, 785
Ducto arterial patente, 602
Ducto cístico, 682-683
Ducto coclear, 483
Ducto composto, 60
Ducto de Müller (paramesonéfrico), 793, 795
Ducto de Santorini (ducto pancreático acessório), 683-684
Ducto de Stensen (ou Stenon) (ducto parotídeo), 664-666
Ducto de Wirsung (ducto pancreático), 683-684
Ducto deferente, 722, 724
Ducto ejaculatório, 722
Ducto endolinfático, 485-486
Ducto lactífero, 737-739
Ducto linfático direito, 612-613
Ducto mesonéfrico, 791
Ducto pancreático (ducto de Wirsung), 684-685
Ducto pancreático acessório (ducto de Santorini), 684-685
Ducto paramesonéfrico (de Müller), 793, 795
Ducto parotídeo, 664-666
Ducto simples, 60
Ducto torácico, 611-613
Ducto venoso, 599-600, 784
Ducto vestibular, 486
Ductos bilíferos, 682-685
Ductos coletores, 698-700, 703
Ductos de Rivinus (ductos sublinguais), 664-666
Ductos de Wharton (ductos submandibulares), 664-666
Ductos hepáticos, direito/esquerdo/comum, 681-683
Ductos linfáticos, 611-612
Ductos papilares, 698, 699-700, 703
Ductos pronéfricos, 791
Ductos semicirculares, 483-486
Ductos sublinguais, 664-666
Ductos submandibulares (de Wharton), 664-666
Dúctulos alveolares, 640, 643
Dúctulos bilíferos, 681-682
Dúctulos eferentes do testículo 718
Duodeno, 674-677
Dura-máter, 362-363, 391-392

E

Ecograma, 22
Ectoderma
  derivados, 83, 752-753
  formação, 79, 752-753
Eczema, 108
Edema genital, 793
Edema periorbital, 524
Efeito placebo, 473
Efetor, 341-342, 344
Efusão, 73, 84
Efusão pericárdica, 73
Eicosanóides, 509
Ejaculação, 723, 725
Elastina, 64
Eletrocardiograma (ECG), 565-567, 626
Eletrodos, eletrocardiograma, 565-566
Elevação, 211-213
Embolia, 544-545
Embolia pulmonar, 600, 603-605, 651-652
Embrião, 755, 757
Embriogênese, 751, 755, 757
Embriologia, 3, 748
Eminência frontal, osso frontal, 135, 142
Eminências escrotais, 794
Emissão, 723, 725
Emulsões perfluoroquímicas (PFC), 543
Encéfalo
  anatomia macroscópica, 387-389, 397, 399
  barreira hemato-encefálica, 344-345, 391-395
  bulbo. *Ver* Bulbo
  cerebelo. *Ver* Cerebelo
  cérebro. *Ver* Cérebro
  complexidade, 387, 389
  desenvolvimento, 387-389, 777-778
  diencéfalo. *Ver* Diencéfalo
  irrigação sangüínea, 395, 582, 586-587
  líquido cerebrospinal. *Ver* Líquido cerebrospinal
  meninges cranianas, 362-363, 391-393
  mesencéfalo. *Ver* Mesencéfalo
  nervos cranianos. *Ver* Nervos cranianos
  organização da substância branca, 389
  organização da substância cinzenta, 389
  ponte. *Ver* Ponte
  regiões e referências anatômicas, 387, 389
  veias, 592-593, 595
  ventrículos, 389-390
  vistas seccionais, 408
Endocárdio, 550, 552
Endocardite, 554, 556
Endocitose, 33-34
Endocitose mediada por receptor, 33-34
Endoderma
  derivados, 83, 752-753
  formação, 79, 752-753
Endolinfa, 482-483
Endométrio, 733-734
Endometriose, 742-743
Endomísio, 238-239
Endoneuro, 369
Endoprótese coronariana, 560-562
Endossomos, 33
Endotélio, 55
Enfisema, 89, 640, 643, 651-652
Enterite, 688-689
Entorse, 200-203, 292, 324

Envelhecimento
articulações e, 228-229, 231
oogênese e, 731-732
percepção gustativa e, 479-480
percepção olfativa e, 478-479
sistema cardiovascular e, 600, 603
sistema digestório e, 686-687
sistema endócrino e, 521, 523
sistema esquelético e, 125-127, 202-203
sistema linfático e, 624-625
sistema muscular e, 256-257, 323-324
sistema nervoso e, 446-448
sistema respiratório e, 650
sistema urinário e, 708
tecidos e, 77
tegumento comum e, 105-107
Envenenamento por metal pesado, 352-353
Envoltório nuclear, 29, 39
Enxaqueca, 343
Enxerto de nervo, 382-383
Enxerto de pele, 108
Enzima conversora da angiotensina, 643, 646
Enzimas
líquido seminal, 723, 725
pancreáticas, 685-686
Enzimas proteolíticas, 685-686
Eosinófilos, 63, 68, 534-535, 539-540
Epêndima, 345-347
Epiblasto, 751-752
Epicárdio. *Ver* Pericárdio visceral
Epicôndilo
fêmur, medial/lateral, 193, 196
úmero, medial/lateral, 176, 179
Epicôndilo medial, 193, 196
Epicrânio, 264, 266
Epiderme, 90-95
camadas, 89, 91-92
cor, 93-94
cristas, 93-95
desenvolvimento, 764
envelhecimento e, 105-107
estrutura, 90-92
irrigação sangüínea, 93-94
pele delgada, 93-94
pele espessa, 93-94
teor de pigmentos, 94-95
tipos celulares, 90
Epidídimo, 722, 723
Epífises, 114-116
Epiglote, 634-635
Epiglotite aguda, 634-635
Epimísio, 238-239
Epinefrina, 458-459, 521, 523, 640, 643
Epineuro, 369
Episiotomia, 762
Epistaxe, 651-652
Epitálamo, 387, 389, 405-406
Epitélio, 52
cápsula renal, 698-699
germinativo, 725, 727
glomerular, 699-700
intestinal, 674
respiratório, 630-632
Epitélio capsular (parietal), corpúsculo renal, 698-699
Epitélio ciliado, 53-54
Epitélio colunar, 57
Epitélio colunar ciliado pseudo-estratificado, 58
Epitélio colunar estratificado, 57
Epitélio colunar pseudo-estratificado, 57-58
Epitélio colunar simples, 57
Epitélio cornificado, 92
Epitélio cubóide, 56-57
Epitélio cubóide estratificado, 56, 57
Epitélio cubóide simples, 56
Epitélio de transição, 58
Epitélio escamoso, 55-56
Epitélio escamoso estratificado, 55, 56
Epitélio escamoso simples, 55
Epitélio estratificado, 55
Epitélio germinativo, 725, 727
Epitélio glandular
estrutura, 59-60
funções, 53, 58-59
modos de secreção, 60-61
tipos de secreção, 59
Epitélio mucoso, sistema digestório, 656
Epitélio olfatório, 477
Epitélio parietal (capsular), 698-699
Epitélio queratinizado, 56, 92
Epitélio respiratório, 630-632
Epitélio simples, 55
Epitélio visceral (glomerular), 698-699
Epitétio não-queratinizado, 56
Epônimos, 12-13
Eponíquio, 102-103
Equilíbrio, 482-487, 780
Ereção, pênis, 723, 725
Erisipela, 108
Eritema, 108
Eritroblastos, 543
Eritrócitos. *Ver* Glóbulos vermelhos
Eritrocitose, 535-536
Eritropoetina (EPO), 517-518, 543, 700, 703
Eritropoiese, 543
Erupção, dente, 666-667
Esacavação retouterina, 725, 727
"Escada rolante", muco, 632
Escafóide, 184
Escápula, 175-176, 178-179, 222
Escarificação, 104-105
Escavação vesicouterina, 725, 727
Escherichia coli, 708-710
Esclera, 493, 495, 524
Esclerose lateral amiotrófica (ELA), 439-440
Esclerose múltipla, 352-353, 376, 380, 382-383
Esclerótomo, 768
Escoliose, 161-162, 171-172
Escopolamina, 93-94, 487
Escotomas, 503
Escroto, 715-718
Escudo embrionário, 82
Esfenóide, 145-148, 155, 157
Esfíncter (músculo circular), 252-253
Esfíncter anal, interno/externo, 279, 281, 677, 679
Esfíncter da uretra, interno/externo, 279, 281, 705-708
Esfíncter de Oddi (músculo esfíncter da ampola hepatopancreática), 682-683
Esfíncter do piloro, 668-669
Esfíncter esofágico superior/inferior, 667-668
Esfíncter hepatopancreático (esfíncter de Oddi), 682-683
Esfíncter pré-capilar, 575
Esmalte, 664-666
Esmegma, 723, 725
Esofagite, 666-667, 688-689
Esôfago
anatomia macroscópica, 667-668
histologia, 667-669
irrigação sangüínea, 667-668
Espaço capsular, 698-699
Espaço epidural, 36
Espaço perinuclear, 39
Espaço subaracnóideo, 365, 391-392
Espaço subdural, 365, 391-392
Espasmo muscular, 247-249
Espasticidade, 410, 427-428
Especificidade do receptor, 471
Espermátides, 718-719
Espermatócitos primários/secundários, 718-719
Espermatogênese, 718-719
Espermatogônia, 718-719
Espermatozóide, 715, 718-719, 721
Espermiogênese, 718-719, 721
Espículas, 114-115, 118-119
Espinha bífida, 167, 171-172, 776
Espinha da escápula, 176, 179
Espinha do esfenóide, 147-148
Espinha ilíaca
ântero-inferior/ântero-superior, 184, 186
póstero-inferior/póstero-superior, 184, 186
Espinha isquiática, osso do quadril, 184, 186
Espinhas dendríticas, 344-345
Esplenectomia, 626-627
Esplenomegalia, 626-627
Esporões ósseos, 232-234
Esqueleto apendicular, 175-200
cíngulo do membro inferior, 184, 186-187, 193
cíngulo do membro superior, 175-176, 179, 222
desenvolvimento, 770-771
membro inferior, 187, 193-200
membro superior, 176, 179-184, 186
visão geral, 175-176
Esqueleto axial, 134, 135, 219, 221
articulações, 206-212. *Ver também articulações específicas* do crânio. *Ver* Crânio
caixa torácica, 166, 168-170, 769
coluna vertebral. *Ver* Coluna vertebral
Esqueleto fibroso, coração, 550, 552
Estado vegetativo crônico, 445-446
Estatocônios, 485-486
Estenose valvar, 567-568
Estereocílios, 53
Estéril, 748
Esterno, 170, 222
Esteróides adrenocorticais (corticosteróides), 515-516
Estetoscópio, 558, 561
Estimulação elétrica funcional (EEF), 382-383
Estômago
anatomia macroscópica, 668-671
histologia, 671-673
irrigação sangüínea, 671
mesentérios, 671
regulação, 673
Estradiol, 510, 512, 520-521, 730-731
Estrato basal, 91-92
Estrato espinhoso, 91-92
Estrato germinativo, 91-92
Estrato granuloso, 91-92
Estrato lúcido, 91-92
Estria de clivagem, 47
Estriado, 75
Estrias de distensão, 96
Estribo, 482-483
Estrógenos
crescimento de osso e, 124-125
funções, 730-731
secreção, 510, 512
subprodução, 521, 523
superprodução, 521, 523
transdérmicos, 93-94
Estroma, 64
Estrutura dental de referência, 666-667
Estruturas acessórias
articulações sinoviais, 207-208
olho, 491-493, 495
sistema digestório, 656
sistema genital masculino, 723-723, 725
tegumento comum, 89, 90, 96-103
Estupor, 445-446
Etmóide, 147-148, 155, 157
Eupnéia, 648-649
Eversão, 211-213
Exame artroscópico, 225, 228
Excitabilidade, 353-354
Excreção, 12-13
Exocitose, 41-43
Exoftalmia, 526
Expansores de plasma, 533
Expiração, 648-649
Expressão facial, músculos da, 264, 266, 773
Extensão, 176, 179, 210-212
"Externo", nome de músculo, 254-255
Exteroceptores, 351-352
Extremidade esternal, clavícula, 175-176
"Extrínseco", nome de músculo, 254-255

F

Face, 128
articular, 162-163, 170
costal, articular superior/inferior, 170
do atlas, articular superior/inferior, 164
fóvea costal, 164
patelar, 193, 196
Face cis, 41-43
Face costal, pulmão, 638, 640
Face costal, vértebras, 164
Face diafragmática do coração, 552, 554
Face em formação, 41-43
Face esternocostal, coração, 552, 554
Face mediastinal do pulmão, 638, 640
Face patelar, 193, 196
Face poplítea, 187, 193
Faces oclusais, 666-667
Facetas articulares
costela, 170
vértebras, 162-163, 170
Fagocitose, 33
Fagossomo, 33
Falanges
da mão, 184-186, 222
do pé, 196, 198-199, 223, 225
Fallot, tetralogia de, 602
Faringe
músculos, 268-270, 666-667
processo de deglutição, 635-637, 666-668
regiões, 634
Fármacos
administração transdérmica, 93-94
injeção subcutânea, 97-98
Fáscia, 74-75, 318, 694
Fáscia de fusão, 659-660, 662
Fáscia profunda, 74-75, 238-239, 318

ÍNDICE

Fáscia renal, 694
Fáscia superficial, 74, 517-518
Fascículo, 238-239
  cuneiforme, 432-434
  grácil, 432-434
Fascículos longitudinais, 400-401
Fascículos. *Ver* Tratos
Fase de dilatação, trabalho de parto, 760, 762
Fase de expulsão, trabalho de parto, 760, 762
Fase esofágica, deglutição, 667-668
Fase faríngea, deglutição, 667-668
Fase folicular, ciclo ovárico, 730-731, 736-737
Fase G_0, 44-45
Fase G_1, 44-45
Fase G_2, 46
Fase lútea, ciclo ovárico, 731-732, 736-737
Fase M, 46
Fase oral, deglutição, 667-668
Fase placentária, trabalho de parto, 762
Fase proliferativa, ciclo uterino, 734-737
Fase S, 44-45
Fase secretória, ciclo uterino, 734-737
Fator ativador de osteoclastos, 126-127, 130
Fator intrínseco, 673
Fatores estimuladores de colônias (CFS), 543
Fatores neurotrópicos, 345-346
Fauces, 634, 662-663
Fechamento epifisial, 120, 122
Feixe de His (nó atrioventricular), 558, 561-563, 566
Feixes internodais, 562-563
Fêmur, 114-115, 187, 193, 196, 223, 225
Fenda faríngea, 781
Fenda labial, 767
Fenda palatina, 767
Fenda sináptica, 246-247
Fendas de filtração, 699-700
Fenestrado, 510, 512
Feromônios, 101-102
Ferro, na hemoglobina, 536-537
Fertilização, 715, 732-733, 748-749
Feto
  alterações cardiovasculares ao nascimento, 599-600, 603, 763
  alterações respiratórias ao nascimento, 649-650, 763
  transição para recém-nascido, 763
Fezes, 656
Fibras aferentes, 351-352
Fibras arqueadas, 400-401
Fibras brancas. *Ver* Fibras rápidas (brancas)
Fibras comissurais, 400-401
Fibras condutoras, 562-563
Fibras de associação, 400-401
Fibras de colágeno, 64
Fibras de projeção, 400-401, 434-435
Fibras de Sharpey (perfurantes), 117-118
Fibras de tecido conectivo, 63-64
Fibras eferentes, 351-352
Fibras elásticas, 64
Fibras fusiformes, 46
Fibras intermediárias, 249-251
Fibras lentas (vermelhas) 249-251
Fibras musculares, 75
Fibras nervosas, 77
Fibras perfurantes (de Sharpey), 117-118
Fibras pós-ganglionares, 351-352, 452-453
Fibras pré-ganglionares, 351-352, 452-453
Fibras rápidas (brancas), 249-251
Fibras reticulares, 64
Fibras transversas, ponte, 412, 414
Fibras vermelhas. *Ver* Fibras lentas (vermelhas)
Fibras zonulares. *Ver* Ligamento suspensor, olho
Fibrilação
  atrial, 564
  ventricular, 564
Fibrina, 104
Fibrinogênio, 533
Fibroblastos, 62, 63
Fibrócitos, 62, 63, 572-573
Fibroma, 78
Fibromas uterinos, 742-743
Fibromialgia, 240-241, 243
Fibrose, 256-258
Fibrose cística (FC), 632, 651-652
Fíbula, 193, 196, 198, 223, 225
Fígado
  anatomia macroscópica, 679-682
  funções, 679-681
  irrigação sangüínea, 680-681
  organização histológica, 680-684
  veias, 597-600
Filamento terminal, 362-363
Filamentos de ancoragem, 609-610
Filamentos espessos, 36, 243-245
Filamentos finos, 243-245
Filamentos intermediários, 34-36
Filtrado glomerular, 698
Fímbrias, tuba uterina, 731-732
Fissura (acidente ósseo), 128
Fissura, inferior/superior, órbita, 148, 155, 157
Fissura, longitudinal, cérebro, 396
Fissura horizontal, pulmão, 637-638
Fissura longitudinal, cérebro, 387, 389, 396
Fissura mediana anterior, 362-363
Fissura primária, cerebelo, 412, 414
Fissuras orbitais inferior/superior, 147-148, 155, 157
Flagelos, 37-39, 719, 721
Flexão, 176, 179, 210-212
  dorsal, 211-212
  lateral, 211-212
  plantar, 211-212
Flexores espinais, 273-275
Flexura cólica direita/esquerda, 677, 679
Flexura duodenojejunal, 674
Flexura hepática, 677, 679
Flexura sigmóidea, 677, 679
Flexuras, 777
Flutter atrial, 564
Fluxo de membrana, 43
Foice do cerebelo, 391-392
Foice do cérebro, 147-148, 391-392
Folhas do cerebelo, 412, 414
Foliculite, 100-101
Folículo de Graaf, 730-731
Folículo ovárico, 520-521, 725, 727, 730-731
  maduro, 730-731
  primordial, 727, 730
Folículo piloso
  desenvolvimento, 765
  estrutura, 9, 97-98
Folículo secundário, 730-731
Folículo terciário, 730-731
Folículos atrésicos, 727, 730
Folículos sebáceos, 100-101
Folículos tireóideos, 512-514
Fontículo anterior, 158-159
Fontículo posterior, 158-159
Fontículos, 158-160
Fontículos esfenoidais, 158-159
Fontículos mastóideos, 158-159
Forame (incisura) supra-orbital, frontal, 145, 155-156
Forame, 128. *Ver também* Incisura
  arco vertebral, 161-162
  articulação vertebral, intervertebral, 162-163
  crânio, visão geral, 155
  de Monro (intraventricular), 389, 394-395
  do ápice do dente, 664-666
  esfenóide
    forame espinhoso, 147-148, 155, 157
    forame oval, 147-148, 155, 157
    forame redondo, 147-148, 155, 157
  etmoidal, cribriforme, 147-148, 155, 157
  frontal, supra-orbital, 135, 142, 155-156
  infra-orbital, 148, 155, 157
  interventricular, encéfalo, 389, 394-395
  intervertebral, 162-163
  lacerado, 145-146, 155-156
  mandíbula
    da mandíbula, 150-151, 155, 157
    mentual, 150-151, 155, 157
  maxila, infra-orbital, 148, 155, 157
  nutrício, 123
  occipital
    forame magno, 135, 142, 155
    jugular, 135, 142, 155-156
  ossos do quadril, obturado, 184, 186
  oval, 554, 556, 649-650, 783, 785
  oval patente, 602
  palatino, maior e menor, 148, 150, 157
  sacral, 166, 168
  temporal
    estilomastóideo, 145-146, 155-156
    mastóideo, 145-146, 155-156
  vertebral, 161-162
  vértebras cervicais, transversário, 164
  zigomático, zigomaticofacial, 150-151, 155
Formação óssea heterotópica, 117-119
Formação reticular, 401, 404, 411
Fórnice
  cérebro, 401
  olho, 492-493
  vagina, 735-736
Fossa, 128
  cíngulo do membro inferior, do acetábulo, 184, 186
  do crânio, anterior/média/posterior, 148
  escápula
    glenóidea, 175-176
    infra-espinal, 176, 179
    subescapular, 175-176
    supra-espinal, 176, 179
  esfenóide, hipofisial, 145-146
  mandibular, 145, 156
  maxila, incisiva, 148
  osso frontal, glândula lacrimal, 135, 142, 156
  ossos do quadril, ilíaca, 184, 186
  supraclavicular, 603-604
  temporal, jugular, 145-146
  úmero
    coronóidea, 176, 179
    do olécrano, 176, 179
    radial, 176, 179
Fossa coronóidea, úmero, 176, 179
Fossa do acetábulo, 184, 186
Fossa do olécrano, úmero, 176, 179
Fossa hipofisial, esfenóide, 145-146
Fossa ilíaca, osso do quadril, 184, 186
Fossa incisiva, maxila, 148
Fossa infra-espinal, escápula, 176, 179
Fossa jugular, temporal, 145-146
Fossa mandibular, temporal, 145, 156
Fossa oval, 554, 556, 783
Fossa radial, úmero, 176, 179
Fossa subescapular, escápula, 175-176
Fossa submandibular, 150-151
Fossa supraclavicular, 504-505
Fossa supra-espinal, escápula, 176, 179
Fossas do crânio, anterior/média/posterior, 148-149
Fossas lacrimais, frontal, 135, 142, 156
Fotorreceptores, 496, 498
Fóvea
  central, 496, 498
  fêmur, 187, 193
  retina, 496, 498
Fovéolas gástricas, 671
Fraqueza muscular, 343
Fratura
  classificação, 129
  correção, 125-126
  de esforço, 292, 324
  definição, 130
  do dançarino, 200-203
  do quadril, 323-324
  epifisial, 129
  escafóide, 184
Fratura com luxação
  definição, 129
  subcapital, 324
Fratura cominutiva, 129
Fratura composta (aberta), 129
Fratura de esforço, 292, 324
Fratura do dançarino, 200-203
Fratura em espiral, 129
Fratura em galho verde, 129
Fratura epifisial, 129
Fratura exposta (composta), 129
Fratura fechada (simples), 129
Fratura por compressão, 129
Fratura sem luxação, 129
Fratura simples (fechada), 129
Fratura transversal, 129
Frênulo lingual, 663-664
Freqüência cardíaca, 565-567
Frontal, 135, 142, 144, 155-156
Fulcro, 255-256
Fundo
  estômago, 668-669
  útero, 732-733
  vesícula biliar, 682-683
Furúnculo, 100-101
Fusão óssea, 207
Fusos musculares, 249-250, 475

G

Gametas (células sexuais) 27-28, 44-45, 715
Gânglio autônomo, 370-371
Gânglio celíaco, 456-458
Gânglio ciliar, 420, 461
Gânglio da raiz posterior, 362-363
Gânglio espiral, 486
Gânglio estrelado, 456-458
Gânglio geniculado, 422-423
Gânglio ímpar, 454, 456
Gânglio inferior
  nervo glossofaríngeo, 423-424
  nervo vago, 424-425
Gânglio jugular, 424-425

Gânglio mesentérico
  inferior, 457-458
  superior, 457-458
Gânglio nodoso, 423-424
Gânglio ótico, 461
Gânglio pterigopalatino, 461
Gânglio semilunar, 420-421
Gânglio submandibular, 461
Gânglio superior
  nervo glossofaríngeo, 423-424
  nervo vago, 424-425
Gânglios, 341-342, 344, 346-360
Gânglios colaterais, 455-458
Gânglios intramurais, 452-453
Gânglios terminais, 452-453
Gânglios vestibulares, 485-486
Gangliosídeos, 447-448
Gastrectomia, 688-689
Gastrenterite, 688-689
Gastrina, 673
Gastrite, 673, 688-689
Gastroscópio, 688-689
Gastrulação, 752-753
Geléia de Wharton, 64
Gene supressor tumoral (GST), 48-49
Gengivas, 662-663
Genitália externa, 715
  feminina, 736-739, 795
  masculina e feminina, 795
Gessos, 707
Gestação, 749
Gigantismo, 123, 130
Gínglimos, 212-214
Giro dentado, 401
Giro do cíngulo, 401
Giro para-hipocampal, 401
Giro pós-central, 397
Giro pré-central, 397
Giros, cérebro, 387, 389, 396
Glande, pênis, 723, 725
Glândula acinar, 60
Glândula adrenal. *Ver* Glândula supra-renal
Glândula alveolar, 60, 98, 100
Glândula alveolar
  simples, 98, 100
  ramificada, 98, 100
Glândula lacrimal, 135, 142, 492-493
Glândula pineal
  barreira hemato-encefálica e, 394-395
  funções endócrinas, 508, 520-521
Glândula simples, 60
Glândula sudorífera apócrina, 100-102
Glândula supra-renal
  anatomia macroscópica, 515-517
  córtex, 515-517
  desenvolvimento, 782
  histologia, 516-517
  hormônios produzidos pela, 508
  medulas, 455-458, 515-516
  músculo, 517-518
  procedimentos diagnósticos, 526
Glândula tarsal, 491-492
Glândula vestibular maior/menor, 737-739
Glândulas bulbouretrais, 723-725
Glândulas ceruminosas, 100-103, 480, 482
Glândulas compostas, 60
Glândulas de Bartholin, 737-739
Glândulas de Bowman (glândulas olfatórias), 477
Glândulas de Brünner (glândulas submucosas duodenais), 675-676
Glândulas de Cowper. *Ver* Glândulas bulbouretrais
Glândulas de Skene (uretrais), 736-737
Glândulas de Zeis, 491-492
Glândulas do prepúcio, 723, 725
Glândulas endócrinas mistas, 59
Glândulas exócrinas
  classificação, 59
  desenvolvimento, 80, 765
  estrutura, 59-60
  funções, 58
  modos de secreção, 60-61
  multicelulares, 59
  tegumento comum, 98, 100-102
Glândulas gástricas, 675
Glândulas mamárias, 100-103, 737--740, 765
Glândulas meibomianas (tarsais), 491-492
Glândulas mucosas, 59
Glândulas multicelulares, 59
Glândulas oleosas. *Ver* Glândulas sebáceas
Glândulas olfatórias (de Bowman), 477
Glândulas paratireóides, 508, 513, 515-516, 526
Glândulas salivares, 150-151, 663-666
  parotídeas, 663-666
  sublinguais, 664-666
  submandibulares, 150-151, 664-666
Glândulas sebáceas, 98, 100-101, 765
Glândulas seminais (vesículas seminais), 723-724
Glândulas serosas, 59
Glândulas submucosas duodenais (de Brünner), 675-676
Glândulas sudoríferas, 101-103
  écrinas (merócrinas), 100-102
Glândulas tubulares, 60
Glândulas tubuloacinares, 60
Glândulas tubuloalveolares, 60, 723
  compostas, 60, 723
Glândulas unicelulares, 59
Glândulas uretrais (de Skene), 736-737
Glândulas. *Ver também glândulas específicas*
  estrutura, 59-60
  modos de secreção, 60-61
  pele, 98, 100-103
  tipos de secreção, 58-59
Glaucoma, 499
Glicocálice, 31
Glicocorticóides, 510, 512, 521, 523
Glicólise anaeróbia, 249-251
Glicosaminoglicanos, 43
Glioma, 78
Globo pálido, 401
Globulinas, 533
Globulinas de transporte, 533
Glóbulos brancos
  abundância, 538-539
  funções, 68, 532
  histologia, 539-540
  tempo de vida, 538-540
  tipos, 68, 534-535, 538-539
Glóbulos vermelhos
  abundância, 534-535
  estrutura, 534-536
  funções, 68, 532, 534-535
  hemoglobina e, 536-537
  histologia, 68, 535-536
  tempo de vida e circulação, 535-537
Glomérulo, 698, 702
Glomérulos neurofibrilares, 446-447
Glomos caróticos, 475
Glote, 634
Glucagon, 519-520
Gonadotrofina coriônica humana (GCH/HCG), 740-741
Gonadotrópicos, 510, 512-513
Gonadotropinas, 512-513
Gonfose, 206, 664-666
Gonorréia, 742-743
Gordura branca, 66
Gordura marrom, 66
Gordura orbital, 493, 495
Gordura pararrenal, 694
Gordura perirrenal (perinefrética), 694
Gradiente de concentração, 32
Granulações aracnóideas, 291, 395
Granulócitos (leucócitos granulares), 534-535, 538-540
Gravidez
  crescimento do útero e feto, 761
  desenvolvimento da glândula mamária durante, 737-740
  ectópica, 796-797
  primeiro trimestre. *Ver* Primeiro trimestre
  segundo trimestre, 749, 757-761
  teratógenos na, 751
  terceiro trimestre, 749, 757-761
Gravidez ectópica, 796-797
Grupo respiratório
  posterior, 649-650
  ventral, 649-650
Gubernáculo do testículo, 715
Gustação (paladar), 478-480, 758, 779

H

Hálux, 196, 198-199
Hamato, 184
Haplóide, 718-719
Hashimoto, tireoidite de, 524-526
Haste do pêlo, 97, 100
Haste tubular, corpúsculo renal, 700, 703
Heimlich, manobra de, 636-637, 651-652
Helicobacter pylori, 673
Hemangioma capilar, 108
Hemangioma cavernoso, 108
Hematócrito, 534-535
Hematologistas, 543
Hematoma, 394-395
  por fratura, 125-126, 130
  subdural agudo/crônico, 394-395
Hematopoiese, 541-543
Heme, 536-537
Hemidesmossomos, 44-45
Hemisfério de caracterização, 444-445
Hemisfério de representação, 444-445
Hemisfério dominante, 444-445
Hemisfério não-dominante. *Ver* Hemisfério de representação
Hemisférios cerebelares (córtex cerebelar), 412, 414-415
Hemisférios cerebrais. *Ver* Cérebro
Hemocitoblastos. *Ver* Células-tronco pluripotentes
Hemodiálise, 704-705, 711-712
Hemofilia, 541, 544-545
Hemoglobina (Hb), 536-537
Hemograma completo, 524
Hemólise, 537-538
Hemorragia epidural, 394-395, 427-428
Hemorragia subdural, 394-395, 427-428
Hemorróidas, 604-605, 686-687
Hemóstase, 541
Hemotórax, 170-172
Heparina, 63
Hepatócitos, 679-680
Hérnias, 276, 279, 281-282
  de disco, 216-217, 233-234
  diafragmática, 276, 279, 281-282
  inguinal, 276, 279, 281-282
Herpes-zóster, 89
Hialuronano, 43, 62, 207-208
Hialuronidase, 748, 751-752
Hiato esofágico, 667-668
Hiato sacral, 166, 168
Hidrocefalia, 396, 398, 400, 427-428
Hilo
  do ovário, 725, 727
  do pulmão, 637-638
  dos linfonodos, 617
  renal, 694
Hilo do ovário, 725, 727
Hímen, 736-737
Hióide, 153-154, 158-159
Hiperextensão, 211-212
Hiperostose, 123, 130
Hiperpnéia, 649-650
Hiperqueratose, 92
Hiper-reflexia, 382-383
Hipertensão, 740-741
Hipertrofia cervical, medula espinal, 362-363
Hipertrofia muscular, 249-250
Hipertrofia muscular, 249-250
Hipertrofias, medula espinal, 362-363
Hipervolêmico, 533
Hipoblasto, 751-752
Hipocampo, 401
Hipoderme, 74, 90
Hipófise
  adeno-hipófise (lobo anterior), 510-513
  anatomia macroscópica, 387, 389, 510
  desenvolvimento, 782
  histologia, 510
  hormônios produzidos por, 508, 510-511
  neuro-hipófise (lobo posterior), 510
  procedimentos para diagnóstico, 526
  sistema porta-hipofisial, 510, 512
Hiponíquio, 102-103
Hiporreflexia, 382-383
Hipotálamo
  anatomia macroscópica, 387, 389, 406-407
  barreira hemato-encefálica, 394-395
  controle endócrino e, 509
  funções, 387, 389, 406-407, 442
  hormônios produzidos por, 508
Hipovolêmico, 533
Histamina, 63
Histerectomia, 725, 727, 732-733
  total, 725, 727
Histerossalpingograma, 733-734
Histologia, 2, 52
Histonas, 39-40
Hodgkin, doença de, 620, 622, 626
Homeostase, 6
Homólogo, 736-737
Homúnculo
  motor, 437-438
  sensitivo, 435
Hooke, Robert, 27-28
Hordéolo, 491-492
Hormônio adrenocorticotrópico (HACT/ACTH), 510-512
Hormônio antidiurético (HDA, ADH)
  funções, 406, 510-511
  subprodução, 510, 512, 521, 523
  superprodução, 521, 523
Hormônio do crescimento (HC/GH), 511-513, 521, 523, 737-739

Hormônio do crescimento humano. *Ver* Hormônio do crescimento
Hormônio estimulante da eritropoiese. *Ver* Eritropoetina
Hormônio estimulante da tireóide (HET/TSH), 510-512
Hormônio estimulante do melanócito (MSH), 511-513
Hormônio folículo-estimulante (HFE/FSH), 510-512
Hormônio liberador da tireotropina (TRH), 512-513
Hormônio liberador de gonadotrofina (HLG/GnRH), 731-732
Hormônio luteinizante (HL/LH), 511-513
Hormônio paratireóideo (PTH), 124-125, 513, 515, 521, 523
Hormônios esteróides, 509
Hormônios inibidores (HI/IH), 509
Hormônios liberadores (HL/RH), 509
Hormônios peptídicos, 509
Hormônios reguladores, 509
Hormônios sexuais. *Ver* Estrógenos; Testosterona
Hormônios. *Ver também hormônios específicos*
  funções, 59
  tipos, 508-509
  visão geral, 508
Horner, síndrome de, 456-458, 467
Humor aquoso, 496, 498-499
Humor vítreo. *Ver* Corpo vítreo

I

Íleo, 674, 676-677
Ilhotas pancreáticas (de Langerhans), 519-520, 685-686
Ílio, 184, 186
Imosec, 687-688
Implantação, 739-740, 750-755, 757
Implante de cóclea, 503
Impressão do ligamento costoclavicular, 175-176
Impulso nervoso, 353-354
Imunidade
  específica, 540
  mediada por anticorpos, 612-613
  mediada por células, 612-613
Imunidade humoral (mediada por anticorpos), 612-613
Imunocompetência, 615-616
Imunoglobulinas, 533, 612-613
Imunoterapia, 84
"Inchados azuis" (*blue bloaters*), 640, 643
Incisão, 104
Incisivos, 664-666
Incisura cardíaca, pulmão, 638, 640
Incisura da mandíbula, 150-151
Incisura do acetábulo, 184, 186
Incisura ilíaca, 184, 186
Incisura isquiática maior/menor, 184, 186
Incisura jugular, esterno, 170, 175-176
Incisura radial, ulna, 176, 179, 219
Incisura supra-escapular, escápula, 176, 179
Incisura troclear, ulna, 176, 179
Incisura ulnar, rádio, 184
Incisura. *Ver também* Forame
  cíngulo do membro inferior, do acetábulo, 184, 186, 221, 223
  da mandíbula, 150-151
  escápula, supra-escapular, 176, 179
  esterno, jugular, 170, 175-176
  frontal, supra-orbital, 135, 142, 155-156
  osso do quadril, isquiática maior/menor, 184, 186
  rádio, ulnar, 184, 219
  ulna
    radial, 176, 179, 219
    troclear, 176, 179
Inclusões, 36
Incontinência, 711-712
  ao esforço, 741-743
Inervação, 263. *Ver também regiões específicas do corpo*
Inervação dupla, 463-464
Infarto do miocárdio, 565-568
Infecções do trato urinário, 708, 711-712
Inferior, 15-16
Infundíbulo
  da tuba uterina, 731-732
  do hipotálamo, 406
Infusão rápida, 666-667
Inibina, 520-521, 719, 721
Injeção subcutânea, 97-98
Injeções intramusculares, 305
Inominado. *Ver* Ossos do quadril
Inserção de origem/terminal, músculo, 253-254
Inserção proximal (de origem), músculo esquelético, 253-254
Inspiração, 648-649
Insuficiência cardíaca, 567-568
  congestiva, 89
Ínsula, 396
Insulina, 519-521, 523
Interfase, 44-46
Interneurônios, 352-353
  excitadores, 352-353
  inibidores, 352-353
Internodos, 345-346
Internos, 254-255
Interoceptores, 351-352
Intersecções tendíneas, 274, 276
Intestino anterior, 789
Intestino delgado
  anatomia macroscópica, 673-674
  apoio, 674
  histologia, 674-677
  regiões, 674
  regulação, 676-677
Intestino grosso, 676-680
  anatomia macroscópica, 676-678
  ceco, 676-677
  colo, 676-677, 679
  funções, 676-677
  histologia, 677, 679-680
  regulação, 679-680
  reto, 677, 679
Intestino posterior, 789
Íntima, 572-573
"Intrínseco", nome do músculo, 254-255
Intumescências lombossacrais, medula espinal, 362-363
Inversão, 211-213
Involuntário, 341-342, 344
Íris, 496
Irrigação sangüínea
  derme, 97
  encéfalo, 395, 582, 586-587
  epiderme, 93-94
  esôfago, 667-668
  estômago, 671
  fígado, 680-681
  músculo esquelético, 239-240
  osso, 123-125
  pele, 90, 95-97
  pulmões, 643, 646
  rim, 694, 696, 698-699
  útero, 733-734
Irritabilidade, 6
Isotrópico, 244-245
Isquemia
  coronariana, 560
  definição, 319, 324
  na síndrome compartimental, 319
Ísquio, 184, 186
Istmo
  da tireóide, 512-513
  da tuba uterina, 731-732
  do útero, 732-733

J

Janela
  oval, 483
  redonda, 483
Jejuno, 674, 676-677
Junção mioneural. *Ver* Sinapses neuromusculares
Junção oclusiva, 43-44
Junções celulares, 43-44
Junções comunicantes, 355-356
Junções de ancoragem, 44-45
Junções neuroefetoras, 354-355. *Ver também* Sinapses neuromusculares

K

Kwashiorkor, 89

L

"Labial", estrutura dental de referência, 666-667
Lábio do acetábulo, 221, 223
Lábio glenoidal, 217, 219
Lábios, 662-663
  maiores, 737-739
  menores, 736-738
Labirinto etmoidal, 147-148, 157
Labirinto membranáceo, 482-483
Labirinto ósseo, 482-483
Laceração espinal, 367, 369
Lacrimal, 150-151, 155, 157
Lactação, 737-739
Lactente, crânio, 158-160
Lactogênio placentário humano (LPH/HPL), 737-741
Lactotrópicos, 512-513
Lacunas
  cartilagem, 69
  osso, 71, 112
  trofoblasto, 751-752
Lamelas, 112
  concêntricas, 114
  intersticiais, 114
Lâmina, ossos planos
  externa, 126-127
  interna, 126-127
Lâmina basilar, 54, 698-699
Lâmina horizontal, osso palatino, 148, 150
Lâmina lúcida, 54
Lâmina muscular da mucosa, 656
Lâmina perpendicular
  palatino, 148, 150
  septo nasal, 147-148, 157
Lâmina própria
  membrana mucosa, 72
  sistema digestório, 656, 675-676
  traquéia, 636-637
Lâmina secretora, 59, 60, 671
Lâmina translúcida, lâmina basal, 54
Lâmina visceral, 772
Lâminas, vértebras, 161-162
Laminectomia, 216-217, 233-234
Lanugem, 98, 100
Laringe, 634-637
  cartilagens, 634-636
  ligamentos, 635-636
  musculatura, 635-637
Laringite, 651-652
L-DOPA (levodopa), 410
Leiomioma, 78, 742-743
Leiomiossarcoma, 78
Leito capilar (plexo), 575-577
Lemnisco medial, 432, 434
Lente, 499
Lesão cerebral traumática, 391-392. *Ver também* Traumatismo craniano
Lesão em chicote, 164, 171-172, 229, 231-232
Lesões, pele, 89
Lesões esportivas, 69, 292
Leucemia, 78, 626
Leucócitos polimorfonucleares (PMNs). *Ver* Neutrófilos
Leucócitos. *Ver* Glóbulos brancos
Leucocitose, 538-539, 687-688
Leucopenia, 538-539
Leucopoiese, 543
Levantadores da laringe, 269-270
Ligação
  intercelular, 43-45
  tecido epitelial, 52
Ligamento
  acessório, 207-208
  acromioclavicular, 217, 219
  amarelo, 215-216
  anular, 219, 636-637
  arterial, 600, 603, 785
  capsular, 207-208
  carpometacarpal, 219
  coccígeo, 362-363
  colateral
    fibular, 223, 225
    radial, 219
    tibial, 223, 225
    ulnar, 219
  colateral fibular, 223, 225
  colateral radial, 219
  colateral tibial, 223, 225
  colateral ulnar, 219
  coracoacromial, 217, 219
  coracoclavicular, 217, 219
  coracoumeral, 217, 219
  coronário, 680-681
  costoclavicular, 216-217
  cruzado anterior, 223, 225, 228
  cruzado posterior, 223, 225
  da cabeça do fêmur, 221, 223
  da cabeça do úmero, 221, 223
  da patela, 223, 225
  deltóideo, 228-229
  denticulado, 365
  do ovário, 725, 727
  esfenomandibular, 214-215
  esternoclavicular, 216-217
  estilo-hióideo, 153-154
  estilomandibular, 214-215
  extrínseco, 207-208
  falciforme, 680-681
  gastrocólico, 677, 679
  gastroesplênico, 622-623
  iliofemoral, 221, 223
  intercarpal, 219

interclavicular, 216-217
interespinal, 215-216
intrínseco, 207-208
isquiofemoral, 221, 223
largo, 725, 727
lateral (temporomandibular), 214-215
lateral, tornozelo, 228-229
longitudinal, anterior/posterior, 215-216
nucal, 164
periodontal, 206, 664-666
pubofemoral, 221, 223
radiocarpal palmar/dorsal, 219
redondo
do fígado, 680-681
do útero, 732-733
sacrouterino, 732-733
supra-espinal, 215-216
suspensor
da mama, 737-739
do olho, 496
do ovário, 725, 727
do útero, 732-733
sutural (membrana), 206
transverso do acetábulo, 221, 223
transverso do colo, útero, 732-733
transverso do úmero, 217, 219
umbilical medial/mediano, 704-705
vestibular, 635-636
vocal, 635-636
Ligamentos
articulação do cotovelo, 219
articulação do joelho, 223, 225
articulação do ombro, 217, 219
articulação do quadril, 221, 223
articulação do tornozelo, 228-229
articulação esternoclavicular, 216-217
articulação sinovial, 207-208
articulação temporomandibular, 214-215
classificação, 207-208
coccígeo, 362-363
denticulado, 365
elásticos, 64, 67, 68
histologia, 64, 67, 68
intervertebral, 215-216
laringe, 635-636
periodontal, 206, 664-666
punho, 219, 222
traquéia, 636-637
umbilical, medial/lateral, 704-705
Ligantes, 33-34, 46
Limbo da córnea, 495-496
Limiar, 353-354
Linfa, 68, 609
Linfadenopatia, 620, 622, 626
Linfangiograma, pelve, 620
Linfedema, 610-611
Linfócitos
distribuição e tempo de vida, 615-616
estrutura, 68, 534-535, 539-540
funções, 63, 534-535, 540, 612-613
produção, 543, 615-616
resposta imunológica e, 614-616
tipos, 612-614
visão geral, 534-535
Linfócitos granulares grandes. *Ver* Células NK
Linfoma de células B (leucemia de células B), 626
Linfoma de células T (leucemia de células T), 626
Linfoma não-Hodgkin (LNH), 620, 622, 626
Linfomas, 78, 620, 622, 624-626
Linfonodos, 617-620, 622
Linfonodos abdominais, 620
Linfonodos axilares, 620
Linfonodos cervicais, 620
Linfonodos inguinais, 620
Linfonodos intestinais, 620
Linfonodos mesentéricos, 620
Linfonodos poplíteos, 620
Linfonodos torácicos, 620
Linfopoiese, 543, 615-616
Língua, 268-269, 662-664
"Lingual", estrutura dental de referência, 666-667
Linha (acidente ósseo), 128
Linha alba, 276, 279
Linha áspera, fêmur, 187, 193
Linha do músculo sóleo, 193, 196
Linha epifisial, 120-122
Linha intertrocantérica, 187, 193
Linha M, 243-244
Linha milo-hióidea, 150-151, 158-159
Linha pectínea, 184, 186-187, 193
Linha poplítea, 193, 196
Linha primitiva, 81, 752-753
Linha rotulada, 471
Linha supracondilar medial/lateral, 195
Linha temporal inferior/superior, 135, 142, 156
Linhas de ação, 285, 292, 305
Linhas de clivagem, 96
Linhas glúteas, ossos do quadril, 184, 186
Linhas nucais, occipital, inferior/superior, 135, 142, 156
Linhas Z, 243-244
Lipase gástrica, 673
Lipases
gástrica, 673
pancreática, 685-686
Lipoaspiração, 66, 84
Lipoma, 78
Lipoproteínas, 533, 574-575, 626
Lipoproteínas de alta densidade (HDL), 626
Lipoproteínas de baixa densidade (LDL), 626
Lipossarcoma, 78
Líquido amniótico, 755, 757
Líquido cerebrospinal (LC)
circulação, 394-396
desvio, 396
exames laboratoriais, 366
formação, 394-395
funções, 345-346, 365, 394-395
Líquido de diálise, 704-705
Líquido extracelular, 29
Líquido folicular, 730-731
Líquido intersticial, 68, 533, 609
Líquido pericárdico, 550, 552
Líquido peritubular, 700, 703
Líquido pleural, 643, 646
Líquido prostático, 723, 725
Líquido seminal, 723, 725
Líquido sinovial, 74, 207-208
Lisossomos, 29-30, 41-43
Lisozima, 492-493
Litotriturador, 684-685
Lobo caudado, fígado, 680-681
Lobo frontal, 396, 398, 400
Lobo límbico, 401
Lobo occipital, 396, 398, 400
Lobo parietal, 396, 398, 400
Lobo quadrado, fígado, 680-681
Lobo renal, 694, 696
Lobo temporal, 396, 397
Lobos
da tireóide, 512-513
do cerebelo, 412, 414
do cérebro, 396-396, 398, 400
do pulmão, 637-638, 640
do timo, 620, 622
hepático, 680-681
renal, 694, 696
Lobotomia, 443-444
pré-frontal, 443-444
Lóbulos
do pulmão, 638, 640
do testículo, 718
do timo, 620, 622
Lóbulos flóculo-nodulares, 412, 414
Local ativo, 244-245
"Longo", nome de músculo, 254-255
"Longuíssimo", nome do músculo, 254-255
Lordose, 161-162, 171-172
lombar, 159-161
Lubricina, 207
Lumbago, 216-217
Lúnula, 102-103
Lúpus eritematoso sistêmico (LES), 626-627
Luxação (deslocamento), 207-208, 233-234
Luxação do cotovelo ("cotovelo da babá"), 219
Luz, 38-39, 98, 100

M

Macrófagos
alveolares (coniófagos), 6-16
fixos, 62
livres, 63
Mácula de adesão, 44-45
Mácula densa, 700, 703
Mácula lútea, 496, 498
Máculas, orelha interna, 485-486
"Magno", nome de músculo, 254-255
"Maior", nome de músculo, 254-255
Malária, 537-538
Maléolo lateral/medial, 193, 196
Malformações congênitas, 750, 796-797
Mamas, 737-740
Mamilo, 737-739
Mamografia, 737-740
Mandíbula, 150-152, 155, 157-159
Manguito rotador, 217, 219, 288, 290, 324
Manúbrio, 170
Mão
articulações, 219, 221-222
músculos, 294-301
nervos, 372-373, 376
ossos, 184, 186
Marca-passo cardíaco (nó sinoatrial), 558, 561-563
Marca-passo ectópico, 564
Marca-passos artificiais, 564-565
Marca-passos artificiais, 564-565
Marfan, síndrome de 123, 130
Margem interóssea
fíbula, 193, 196
tíbia, 193, 196
Margem pélvica, 187, 193
Margem supra-orbital, frontal, 135, 142, 156
Martelo, 482-483
Massa celular interna, 79, 751-752
Massa intermédia (aderência intertalâmica), 405-406
Mastectomia radical, 741-743
Mastigação, 664-667
músculos, 266, 268, 773
Mastócitos, 63
Mastoidite, 145-146, 482-483, 503
crônica, 482-483
Materiais digestivos, movimento, 657-660, 662
Matriz
mitocôndria, 38-39
osso, 112
tecido conectivo, 61
Matriz da unha, 102-103, 764
Matriz do pêlo, 97-98
Matriz nuclear, 39-40
Maxila, 148, 150, 155, 157
"Máximo", nome de músculo, 254-255
Meato, 128
cavidade nasal, 632
Meato acústico (canal auditivo) interno/externo, 145, 155-156, 480, 482
Mecanorreceptores, 473-475
Mediastino, 18-19
Mediastino do testículo, 718
Medicação de venda liberada (sem prescrição), 741-743
Medula
da glândula supra-renal. *Ver* Glândula supra-renal
do ovário, 725, 727
do pêlo, 97-98
do timo, 620, 622
dos linfonodos, 617
renal, 694
Medula amarela, 112-113, 116, 543
Medula espinal
anatomia macroscópica, 362-365
anatomia seccional, 367-369
desenvolvimento, 768-769, 775-776
lesões, 367, 369
Medula óssea, 112-113
amarela, 112-113, 116, 543
vermelha, 112-113, 116
Medula renal, 694
Medula vermelha, 112-113, 116
Megacariócitos, 540
Meiose, 44-45, 718-719, 730-731
Melanina, 62-63, 91-95
Melanócito, 62-63, 91-92, 94-95, 764
Melanoma maligno, 96, 108
Melanossomos, 94-95
Melatonina, 405-406, 508, 520-521
Membrana
cutânea, 73, 74, 89
mucosa, 72
no aparelho de diálise, 704-705
serosa, 72-73
sinovial, 73, 74, 207
Membrana basilar, 490
Membrana celular. *Ver* Plasmalema
Membrana da cloaca, 793
Membrana elástica externa, 572-573
Membrana elástica interna, 572-573
Membrana elástica interna/externa, 572-573
Membrana impermeável, 32
Membrana interóssea da perna, 193, 196
Membrana interóssea do antebraço, 176, 179, 219
Membrana livremente permeável, 32
Membrana plasmática. *Ver* Plasmalema
Membrana pleuropericárdica, 788
Membrana pós-sináptica, 354-355
Membrana pré-sináptica, 354-355

ÍNDICE

Membrana respiratória, 643, 646
Membrana seletivamente permeável, 32
Membrana tectória, 490
Membrana timpânica, 145, 480, 482
Membrana urogenital, 793
Membrana vítrea, 97-98
Membranas embrionárias, 752-754
Membranas extra-embrionárias, 752-753
Membranas serosas, 18, 72, 73
Membro inferior
  anatomia de superfície, 334-335
  artérias, 588, 590, 592
  articulações, 223, 225
  compartimentos, 318, 321-322
  drenagem linfática, 620
  músculos, 304, 306-318
  nervos, 373, 376-379
  ossos, 186-187, 193-200
  veias, 596-599
Membro superior, 175-176
  anatomia de superfície, 332-333
  artérias, 583-584
  compartimentos, 318-320
  drenagem linfática, 619
  músculos, 288-301
  nervos, 372-373, 376
  ossos, 176, 179-184, 186
  veias, 593, 596
Memória, 444-445
  a curto prazo, 444-445
  recente, 444-445
Menarca, 735-736
Ménière, doença de, 487, 503
Meninges
  cranianas, 362-363, 391-393
  espinais, 362-363
Meningite, 382-383
Meniscectomia, 225, 228, 233-234
Meniscos (discos articulares)
  articulação do joelho, 223, 225
  articulação radiulnar, 219
  funções, 207-208
Menopausa, 734-736, 740-741
  prematura, 740-741
Menor, 254-255
Menstruação, 734-736
Mercúrio, intoxicação por, 352-353
Mesencéfalo
  anatomia macroscópica, 148, 410-411
  desenvolvimento, 388, 777
  funções, 388-389, 410-442
  sistema ativador reticular ascendente, 445-446
Mesênquima, 64, 81
Mesentério
  desenvolvimento, 789
  estômago, 671
  peritônio, 20, 659-662
Mesentério próprio, 659-660, 662, 674
"Mesial", estrutura dental de referência, 666-667
Mesoapêndice, 676-677
Mesocolo, 659-660, 662
Mesocolo sigmóide, 659-660, 662
Mesocolo transverso, 659-660, 662
Mesoderma
  derivados, 83, 752-753
  formação, 79, 752-753
Mesonefro, 791
Mesossalpinge, 725, 727
Mesotélio, 55
Mesotelioma, 78
Mesovário, 725, 727
Metabolismo, 12-13
  aeróbico, 249-251
Metáfase, 47
Metáfise, 114-116
Metanefro, 791
Metaplasia, 84
Metarteríola, 575
Metástase, 47-49, 78
Metencéfalo, 387, 389, 777
Metil ter-butil éter (MTBE), 684-685
Metoprolol, 561-562
Miastenia grave, 257-258
Micção, 694, 708
Microcefalia, 155, 171-172
Microfilamentos, 34-36
Micróglia, 345-346
Microscopia eletrônica, 2, 27-28
  de transmissão, 2, 27-28
Microscópio óptico
  escalas, 2
Microtúbulo cromossômico, 46-47
Microtúbulos, 34-36
Microvilosidades, 29-30, 34-35, 53
Mielencéfalo, 387, 389, 777
Mielina, 341-342, 344-346
Mielinizado, 345-346
Mielografia, 366, 382-383
Mineralocorticóides (MC), 515-516, 521, 523
Mínimo, 254-255
Mioblastos, 240-241, 243
Miocárdio, 550, 552
Miocardite, 554, 556
Miofibrilas, 243-244
Miofilamentos, 243-244
Mioma, 78
Miométrio, 733-734
Miose pupilar, 651
Miosina, 36, 75
Miosite ossificante, 118-119
Miossarcoma, 78
Miótomo, 772
Miringotomia, 482-483, 503
Mitocôndrias, 29-30, 34-35, 38-39
Mitose, 46-49
Mixedema, 526
Modíolo, 486
Molares, 664-666
Moléculas de adesão celular (MAC), 43
Monócito, 63, 66, 534-535, 539-540
Monte do púbis, 737-739
Mórula, 751
Movimento angular, 209, 211-212
Movimento de deslizamento, 209, 211
Movimento linear, 209, 211
Movimento passivo contínuo (MPC), 233-234
Movimentos
  descrição, 209, 211
  tipos, 209, 211-213
Movimentos de mistura, 677, 679
Movimentos em massa, 679-680
Mucinas, 59, 664-666
Muco, 59, 60
Mucosa , 72, 73
  esôfago, 667-668
  oral, 662-663
  sistema digestório, 656
  traquéia, 636-637
Musculatura apendicular, 285-318
  antebraço e mão, 290, 293-296
  braço, 288-292
  cíngulo do membro inferior, 302-304, 306
  cíngulo do membro superior, 285-289
  desenvolvimento, 772-773
  função, 285
  mão e dedos da mão, 294-301
  pé e dedos do pé, 309-318
  perna, 307, 309, 311
  superficial, 262-263
  variações individuais, 199-203
  visão geral, 285
Musculatura axial, 262-279, 281
  cabeça e pescoço 263-272
  coluna vertebral. *Ver* Coluna vertebral
  desenvolvimento, 772-773
  diafragma da pelve, 276, 279, 281
  grupo oblíquo, 275-276, 279
  grupo reto, 275-276, 279
  períneo, 276, 279, 281
Músculo
  abaixador do ângulo da boca, 264, 266
  abaixador do lábio inferior, 264, 266
  abdutor curto do polegar, 296-297, 299
  abdutor do dedo mínimo, 296-297, 299, 318
  abdutor do hálux, 309, 311, 318
  abdutor longo do polegar, 299
  adutor curto, 302-303
  adutor do hálux, 309, 311, 318
  adutor do polegar, 296-297, 299
  adutor longo, 302-303
  adutor magno, 302-303
  ancôneo, 290, 293-294
  bíceps braquial
    ação, 288, 290, 293
    inervação, 288, 290, 293
    inserção proximal/distal, 175-176, 179, 181, 184, 219, 285, 288, 290, 293
    organização das fibras musculares, 251-253
  bíceps femoral, 308- 309
  braquial, 290, 293-294
  braquiorradial, 285, 290, 293-294
  bulboesponjoso, 279, 281
  cardíaco
    células, 75, 550-552-
    e músculo esquelético, 550, 552
    funções, 75, 238-239
    histologia, 76, 550, 552
    tecido, 75, 76
  ciliar, 496
  circular (esfincter), 252-253
  convergente, 251-252
  coracobraquial, 288, 290
  corrugador do supercílio, 264, 266
  cremaster, 715, 717-718
  dartos, 715, 717-718
  deltóide, 176, 179, 252-253, 288, 290
  detrusor, 706
  digástrico, 270-272
  eretor do pêlo, 97-98
  esfenomandibular, 268-269
  espinal, 364
  esplênio da cabeça, 271, 273, 275
  esplênio do pescoço, 271, 273, 275
  esquelético. *Ver também* Musculatura apendicular; Musculatura axial
    ações, 253-255
    alavancas, 254-256
    anatomia macroscópica, 238-240
    contração
      controle neural, 246-247
      teoria do filamento deslizante, 245-247
      visão geral, 247-249
    dor, início retardado, 251-252
    envelhecimento e, 256-257
    fibras
      microanatomia, 76, 240-241, 243-245
      organização, 75, 76, 251-253
      tipos, 249-251
    funções, 238-239
    inserções de origem e terminais, 253-254
    irrigação sangüínea, 239-240
    nervos e vasos sangüíneos, 239-241, 243
    nomes, 254-255
    polias, 255-257
    propriedades, 238-239
    tecido conectivo, 238-240
    tipos, 251-253
    unidades motoras e controle muscular, 247-250
estapédio, 482-483
esternocleidomastóideo, 270-272
esterno-hióideo, 272
esternotireóideo, 272
estilofaríngeo, 269-270
estiloglosso, 268-269
estilo-hióideo, 270-272
estriado involuntário, 75
estriado voluntário, 75
extensor curto do polegar, 299
extensor curto dos dedos, 311, 314, 318
extensor do dedo mínimo, 299
extensor do indicador, 299
extensor dos dedos, 252-253, 299
extensor longo do hálux, 308
extensor longo do polegar, 299
extensor longo dos dedos, 308
extensor ulnar do carpo, 290, 293-294
fibular curto, 308-309, 311
fibular longo, 308-309, 311
fibulares, 309, 311
flexor curto do dedo mínimo, 311, 314, 318
flexor curto do hálux, 309, 311, 318
flexor curto do polegar, 299
flexor curto dos dedos, 311, 314, 318
flexor longo do hálux, 308
flexor longo do polegar, 299
flexor longo dos dedos, 308
flexor profundo dos dedos, 299
flexor radial do carpo, 290, 293-294
flexor superficial dos dedos, 299
flexor ulnar do carpo, 290, 293-294
gastrocnêmio, 308-309
genioglosso, 254-255, 268-269
glúteo máximo, 187, 193, 302-305
glúteo médio, 302-305
glúteo mínimo, 302-304
grácil, 302-304
hioglosso, 268-269
ilíaco, 302-304
iliopsoas, 302-303
infra-espinal, 176, 179, 288, 290
intertransversário, 273-275
involuntário não-estriado, 75
isquiocavernoso, 279, 281
isquiococcígeo, 279, 281
latíssimo do dorso, 254-255, 288, 290
levantador da escápula, 285-287
levantador da pálpebra superior, 264, 266, 492-493
levantador do ângulo da boca, 264, 266
levantador do ânus, 279, 281

levantador do lábio inferior, 264, 266
levantador do lábio superior, 264, 266
levantador do véu palatino, 269-270
levantador/abaixador do ângulo da boca, 264, 266
liso
  funções, 238-239
  histologia, 75, 76
  sistema digestório, 657-658
longo da cabeça, 273-275
longo do pescoço, 273-275
longuíssimo da cabeça, 273-275
longuíssimo do pescoço, 273-275
longuíssimo do tórax, 273-275
masseter, 266, 268
mentual, 264, 266
milo-hióideo, 150-151, 270-272, 662-663
multífido, 273-275
multipeniforme, 252-253
nasal, 264, 266
oblíquo inferior, 264, 266-267
oblíquo superior, 264, 266-267
occipitofrontal, 264, 266
omo-hióideo, 270-272
oponente do dedo mínimo, 299
oponente do polegar, 296-297, 299
orbicular do olho, 252-253, 264, 266, 492-493
palatofaríngeo, 269-270, 662-663
palatoglosso, 268-269
palmar curto, 299
palmar longo, 290, 293-294
paralelo, 251-252
peitoral maior, 288, 290
peitoral menor, 287-288
peniforme, 252-253
peniforme típico, 252-253
piriforme, 302-304
plantar, 308
poplíteo, 193, 196, 308-309
prócero, 264, 266
pronador quadrado, 290, 293-294
pronador redondo, 290, 293-294
psoas maior, 302-304
pterigóideo lateral, 266, 268
pterigóideo medial, 266, 268
pubococcígeo, 279, 281
quadrado do lombo, 273-275
quadrado femoral, 303-304
quadríceps femoral (músculos quadríceps), 255-257, 307, 309
redondo maior, 254-255, 288, 290
redondo menor, 176, 179, 288, 290
reto
  desenvolvimento, 773
  do abdome, 274, 276-277
  extrínsecos do bulbo do olho, 264, 266-267
  região cervical, 274, 276
  torácico, 274, 276
reto do abdome, 170, 274, 276, 279
reto femoral, 252-253, 307-309
reto inferior, 264, 266-267
reto lateral, 264, 266-267
reto medial, 264, 266-267
reto superior, 264, 266-267
risório, 254-255, 264, 266
rombóide, 285-287
salpingofaríngeo, 269-270
sartório, 234-235, 308-309
semimembranáceo, 308-309
semipeniforme, 252-253
semitendíneo, 308-309
serrátil anterior, 287-288
serrátil posterior, 274, 276
sóleo, 193, 196, 308-309
subclávio, 287-288
subescapular, 288, 290
supinador, 290, 293-294
supra-espinal, 176, 179, 288, 290
temporal, 135, 142, 266, 268
temporoparietal, 264, 266
tensor da fáscia lata, 302-304
tensor do tímpano, 482-483
tensor do véu palatino, 269-270
tibial anterior, 308-309, 311
tibial posterior, 308
timpânico, 481
tireo-hióideo, 272
transverso do tórax, 274, 276
trapézio, 176, 179, 285-287
tríceps braquial, 176, 179, 288, 290, 293
vasto intermédio, 307-309
vasto lateral, 305, 307-309
vasto medial, 307, 309
zigomático maior, 264, 266
zigomático menor, 264, 266
Músculos adutores, 187, 193, 302-303
Músculos bucinadores, 254-255, 264, 266, 662-663
Músculos constritores, 269-270
Músculos constritores da faringe, 268-270
Músculos dilatadores da pupila, 496
Músculos epaxiais, 773
Músculos eretores da espinha, 273-275, 773
Músculos escalenos, 274, 276
Músculos esfincteres da pupila, 496
Músculos espinais, 273-275
Músculos extensores radiais do carpo, 254-255, 290, 293-294
Músculos extrínsecos do bulbo do olho, 264-267
Músculos extrínsecos do olho. *Ver* Músculos extrínsecos do bulbo do olho
Músculos gêmeos, 303-304
Músculos genio-hióideos, 270-272
Músculos glúteos, 184, 186, 302-304
Músculos hipaxiais, 773
Músculos iliocostais, 273-275
Músculos intercostais, 170, 274, 276, 646-648
Músculos interespinais, 273-275
Músculos interósseos, pé, 309, 311
Músculos interósseos dorsais
  palmares, 296-297, 299
  plantares, 309, 311, 318
Músculos intervertebrais, 773
Músculos listados
  abaixador do ângulo da boca, 264, 266
  abaixador do lábio inferior, 264, 266
  abaixador do lábio inferior, 264, 266
  abdutor curto do polegar, 296-297, 299
  abdutor do dedo mínimo, 296-297, 299, 318
  abdutor do hálux, 309, 311, 318
  abdutor longo do polegar, 299
  adutor curto, 302-303
  adutor do hálux, 309, 311, 318
  adutor do polegar, 296-297, 299
  adutor longo, 302-303
  adutor magno, 302-303
  ancôneo, 290, 293-294
  bíceps braquial, 175-176, 179, 181, 184, 219, 251-253, 285, 288, 290, 293
  bíceps femoral, 308-309
  braquial, 290, 293-294
  braquiorradial, 285, 290, 293-294
bucinador, 254-255, 264, 266, 662-663
bulboesponjoso, 279, 281
ciliar, 496
constritor da faringe, 268-270
coracobraquial, 288, 290
corrugador do supercílio, 264, 266
cremaster, 715, 717-718
da laringe, 635-636
dartos, 715, 717-718
deltóide, 176, 179, 252-253, 288, 290
detrusor, 706
diafragma, 18, 170, 274, 276, 278-279, 646-648
digástrico, 270-272
dilatador da pupila, 496
eretor da espinha, 273-275, 773
eretor do pêlo, 97-98
escaleno, 274, 276
esfenomandibular, 268-269
esfincter da pupila, 496
espinal, 273-275
esplênio da cabeça, 271, 273, 275
esplênio do pescoço, 271, 273, 275
estapédio, 482-483
esternocleidomastóideo, 270-272
esterno-hióideo, 272
esternotireóideo, 272
estilofaríngeo, 269-270
estiloglosso, 268-269
estilo-hióideo, 270-272
extensor curto do polegar, 299
extensor curto dos dedos, 311, 314, 318
extensor do dedo mínimo, 299
extensor do indicador, 299
extensor longo do hálux, 308
extensor longo do polegar, 299
extensor longo dos dedos, 308
extensor radial do carpo, 254-255, 290, 293-294
extensor ulnar do carpo, 290, 293-294
fibular, 309, 311
fibular curto, 308-309, 311
fibular longo, 308-309, 311
flexor curto do dedo mínimo, 311, 314, 318
flexor curto do hálux, 309, 311, 318
flexor curto do polegar, 299
flexor curto dos dedos, 311, 314, 318
flexor longo do hálux, 308
flexor longo do polegar, 299
flexor longo dos dedos, 308
flexor profundo dos dedos, 299
flexor radial do carpo, 290, 293-294
flexor superficial dos dedos, 299
flexor ulnar do carpo, 290, 293-294
gastrocnêmio, 308-309
gêmeo, 303-304
genioglosso, 254-255, 268-269
genio-hióideo, 270-272
glúteo máximo, 187, 193, 302-305
glúteo médio, 302-305
glúteo mínimo, 302-304
grácil, 302-304
hioglosso, 268-269
hipaxial, 773
ilíaco, 302-304
iliocostal, 273-275
iliopsoas, 302-303
infra-espinal, 176, 179, 288, 290
intercostal, 170, 274, 276, 646-648
interespinais, 273-275
interósseo, pé, 309, 311
interósseo dorsal, 296-297, 299, 309, 311, 318
interósseo palmar, 296-297, 299
interósseos plantares, 309, 311, 318
intertransversários, 273-275
intervertebral, 773
isquiocavernoso, 279, 281
isquiococcígeo (coccígeo), 279, 281
latíssimo do dorso, 254-255, 288, 290
levantador da escápula, 285-287
levantador da pálpebra superior, 264, 266, 492-493
levantador do ângulo da boca, 264, 266
levantador do lábio inferior, 264, 266
levantador do lábio superior, 264, 266
levantador do véu palatino, 269-270
longo da cabeça, 273- 275
longo do pescoço, 273-275
longuíssimo da cabeça, 273-275
longuíssimo do pescoço, 273-275
longuíssimo do tórax, 273-275
lumbrical, 295-296, 299, 311, 314, 318
masseter, 266, 268
mentual, 264, 266
milo-hióideo, 150-151, 270-272, 662-663
multífido, 273-275
nasal, 264, 266
oblíquo inferior, 264, 266-267
oblíquo superior, 264, 266-267
oblíquos, 274, 276-277, 279, 773
obturador, 302-304
occipitofrontal, 264, 266
omo-hióideo, 270-272
oponente do dedo mínimo, 299
oponente do polegar, 296-297, 299
orbicular da boca, 252-253, 264, 266
orbicular do olho, 492-493
palatofaríngeo, 269-270, 662-663
palatoglosso, 268-269
palmar curto, 299
palmar longo, 290, 293-294
papilar, 554, 556
pectíneo, 302-304, 554, 556
peitoral maior, 288, 290
peitoral menor, 287-288
piriforme, 302-304
plantares, 308
poplíteo, 193, 196, 308-309
prócero, 264, 266
pronador quadrado, 290, 293-294
pronador redondo, 290, 293-294
psoas maior, 302-304
pterigóideo, 266, 268
pterigóideo lateral, 266, 268
pterigóideo medial, 266, 268
pubococcígeo, 279, 281
quadrado do lombo, 273-275
quadrado femoral, 303-304
quadrado plantar, 311, 314, 318
quadríceps femoral, 255-257, 307, 309
redondo maior, 254-255, 288, 290
redondo menor, 176, 179, 288, 290
retináculo dos músculos extensores, 294-295, 309, 311
reto do abdome, 170, 274, 276, 279
reto femoral, 252-253, 307-309
reto inferior, 264, 266-267
reto lateral, 264, 266-267
reto medial, 264, 266-267
reto superior, 264, 266-267
risório, 254-255, 264, 266
rombóide, 285-287
rotador lateral, 302
rotadores, 273-275
salpingofaríngeo, 269-270

sartório, 254-255, 308-309
semiespinal, 273-275
semimembranáceo, 308-309
semitendíneo, 308-309
serrátil anterior, 287-288
serrátil posterior, 274, 276
sóleo, 193, 196, 308-309
subclávio, 287, 288
subescapular, 288, 290
supinador, 290, 293-294
supra-espinal, 176, 179, 288, 290
temporal, 135, 142, 266, 268
temporoparietal, 264, 266
tensor da fáscia lata, 302-304
tensor do tímpano, 481
tensor do tímpano, 482-483
tensor do véu palatino, 269-270
tibial anterior, 308-309, 311
tibial posterior, 308
tireo-hióideo, 272
transverso do períneo, 279, 281
transverso do tórax, 274, 276
transversoespinal, 275
trapézio, 176, 179, 285-287
tríceps braquial, 176, 179, 288, 290, 293
vasto intermédio, 307-309
vasto lateral, 305, 307-309
vasto medial, 307, 309
zigomático maior, 264, 266
zigomático menor, 264, 266
Músculos lumbricais, 295-296, 299, 311, 314, 718
Músculos oblíquos
desenvolvimento, 773
do abdome, 274, 276-277, 279
extrínsecos do bulbo do olho, 264, 266-267
região cervical, 274, 276-277
região torácica, 274, 276-277
Músculos obturadores, 302-304
Músculos oculomotores. *Ver* Músculos extrínsecos do bulbo do olho
Músculos palatinos, 269-270
Músculos papilares, 554, 556
Músculos pectíneos, 302-304, 554, 556
Músculos posteriores da coxa, 309
Músculos pterigóideos, 266, 268
Músculos quadrados plantares, 311, 314, 318
Músculos respiratórios acessórios, 646-649
Músculos rotadores, 273-275
Músculos rotadores laterais, 302
Músculos semiespinais, 273-275
Músculos transverso-espinais, 275
Músculos transversos, 274, 276, 773
Músculos transversos do períneo, 279, 281
Músculos voluntários, 239-240. *Ver também* Músculo esquelético
Mutação espontânea, 750
Mutagênico, 48-49
Mys, 238-239

N

Nanismo acondroplásico, 123
Nanismo hipofisário, 123, 130, 512-513
Não-mielinizado, 345-346
Narinas, 148, 150, 632
Nariz, 264, 266, 632-633
Navicular, 196, 198-199
Nebulina, 244-245
Nefrolitíase, 707, 711-712
Néfron
alça do néfron, 700, 703
complexo justaglomerular, 700, 703
corpúsculo renal, 698-700
estrutura e função, 694, 696, 698-700
histologia, 701
justamedulares, 698-699
sistema coletor, 700, 703
túbulo contorcido distal, 698, 700, 703
túbulo contorcido proximal, 699-700, 703
Néfrons corticais, 698, 701. *Ver também* Néfron
Néfrons justamedulares, 698-699, 701
Nefrótomo, 791
Neo-hematócitos, 543
Neoplasia, 47-49
Neoplasia primária, 78
Nervo
abducente (VI), 264, 266-267, 416, 421-422
acessório (XI), 272, 416, 424-427
auditivo. *Ver* Nervo vestibulococlear
auricular maior, 372
axilar, 372-373, 376
cerebelar, 414-415
cervical transverso, 372
coclear, 422-423
cutâneo femoral, 377
cutâneo femoral lateral, 373, 376
cutâneo medial do antebraço, 373, 376
da alça cervical, 372
dorsal da escápula, 373, 376
facial (VII), 145-146, 264, 272, 416, 421-423, 479-480
femoral, 373, 376
fibular, 3, 373, 376
frênico, 372
glossofaríngeo (IX), 269-270, 416, 423-424, 479-480
glúteo, 377
hipoglosso (XII), 135, 142, 268-269, 272, 416, 425-427
ílio-hipogástrico, 377
ilioinguinal, 377, 715
interósseo, 373, 376
isquiático, 373, 376-377
mediano, 295-297, 372-373, 376
musculocutâneo, 372-373, 376
obturatório, 377
occipital, 372
oculomotor (III), 264, 266-267, 416, 420
olfatório (I), 147-148, 416, 418, 477
óptico (II), 147-148, 416, 418-419, 500-501
peitoral, 3-9
petroso, 422-423
pudendo, 373, 376-377
radial, 176, 179, 372-373, 376-377
safeno, 377
subescapular, 373, 376
supraclavicular, 372
supra-escapular, 373, 376
tibial, 373, 376-377
torácico, 373, 376
toracodorsal, 373, 376
trigêmeo (V), 266, 268, 272, 416, 420-422
troclear (IV), 264, 266-267, 416, 420
ulnar, 176, 179, 372-373, 376-377
vago (X), 269-270, 416, 423-425, 479-480
vermelho, 411
vestibular, 422-423
vestibulococlear (nervo acústico; VIII), 416, 422-423, 485-486, 490, 502-503
Nervos, 341-342, 344
cranianos. *Ver* Nervos cranianos
espinais. *Ver* Nervos espinais
Nervos cranianos
abducente (VI), 264, 266-267, 416, 421-422
acessório (XI), 272, 416, 424-427
facial (VII), 264, 272, 416, 421-423, 479-480
forames/fissuras cranianos usados pelos, 155, 416
glossofaríngeo (IX), 269-270, 416, 423-424, 479-480
hipoglosso (XII), 135, 142, 268-269, 272, 416, 425-427
inserções proximais, 417
oculomotor (III), 264, 266-267, 416, 420
olfatório (I), 147-148, 416, 418, 477
óptico (II), 147-148, 416, 418-419, 499-501
trigêmeo (V), 266, 268, 272, 416, 420-422
troclear (IV), 264, 266-267, 416, 420
vago (X), 269-270, 416, 423-425, 479-480
vestibulococlear (auditivo; VIII), 416, 422-423, 485-486, 490, 502-503
Nervos do plexo renal, 694, 696
Nervos espinais
anatomia macroscópica, 362-363, 365, 369
distribuição periférica, 369-371
plexos nervosos, 370-379
Nervos esplâncnicos maior/menor/lombar, 456-458
Nervos genitofemorais, 373, 376-377, 715
Nervos listados
abducente (VI), 264, 266-267, 416, 421-422
acessório (XI), 272, 416, 424-427
acetabular, 221, 223
alça cervical, 372
auricular magno, 372
axilar, 372-373, 376
cerebelar, 414-415
coclear, 422-423
cutâneo do antebraço, 373, 376
cutâneo do braço, 373, 376
cutâneo femoral, 373, 376-377
da escápula, 373, 376
esplâncnico, 456-458
facial (VII), 145-146, 264, 272, 416, 421-423, 479-480
femoral, 373, 376
fibular, 373, 376-377
frênico, 372
genitofemoral, 373, 376-377, 715
glossofaríngeo (IX), 269-270, 416, 423-424, 479-480
glúteo, 377
hipoglosso (XII), 135, 142, 268-269, 272, 416, 425-427
ilio-hipogástrico, 377
ilioinguinal, 377, 715
interósseo, 373, 376
isquiático, 373, 376-377
mediano, 295-297, 372-373, 376
musculocutâneo, 372-373, 376
obturatório, 377
occipital, 372
oculomotor (III), 264, 266-267, 416, 420
olfatório (I), 147-148, 416, 418, 477
óptico (II), 147-148, 416, 418-419, 500-501
peitoral, 373, 376
pélvico, 461
petroso, 422-423
plexo renal, 694, 696
pudendo, 373, 376-377
radial, 176, 179, 372-373, 376-377
ramo dental, 664-666
safeno, 377
subescapular, 373, 376
supraclavicular, 372
supra-escapular, 373, 376
tibial, 373, 376-377
torácico, 373, 376
toracodorsal, 373, 376
trigêmeo (V), 266, 268, 272, 416, 420-422
troclear (IV), 264, 266-267, 416, 420
ulnar, 176, 179, 372-373, 376-377
vago (X), 269-270, 416, 423-425, 479-480
vestibular, 422-423
vestibulococlear (VIII), 416, 422-423, 485-486, 490, 502-503
Nervos mistos, 362-363
Nervos periféricos, 346-347, 369-371
Neurilema, 348
Neurocele (camada ependimária), 387, 389, 774-775
Neuroepitélio, 53
Neurofibrilas, 349
Neurofilamentos, 36, 349
Neuróglia (células gliais)
sistema nervoso central, 344-347
sistema nervoso periférico, 345-348
visão geral, 77, 341-342, 344-345
Neuro-hipófise, 510. *Ver também* Hipófise
Neurolemócitos. *Ver* Células de Schwann
Neuroma, 78
Neurônio de primeira ordem, 432-434
Neurônio de segunda ordem, 432-434
Neurônio de terceira ordem, 432-434
Neurônio motor
inferior, 435-436
superior, 435-436
Neurônio multipolar, 350-352
Neurônio sensitivo visceral, 351-352
Neurônio unipolar, 350-352
Neurônios
apolares, 350-351
bipolares, 350-351
classificação
estruturais, 350-352
funcional, 351-353
comunicação sináptica, 354-356
em vias sensitivas, 432, 434
estrutura, 77, 344-345, 349-351
funções, 77, 341-342, 344
ganglionares, 436-437, 452-453
geração de impulsos nervosos, 353-354
motores, 246-247, 341-342, 344, 351-352
motores viscerais, 351-352
organização e processamento, 355-357
pré-ganglionares, 436-437, 452-453
regeneração, 352-354
sensitivos, 341-342, 344, 351-352
sensitivos somáticos, 351-352
Neuropatia diabética, 465, 467
Neuropatias periféricas, 377
Neurotransmissores
ativação parassimpática e, 461
ativação simpática e, 458-460
definição, 246-247
funções, 246-247
Neurotúbulos, 349

Neurulação, 774
Neutrófilos, 63, 68, 534-535, 539-540
Nevralgia do trigêmeo (tique doloroso), 421-422, 427-428
Nicotina transdérmica, 93-94
Nidação, 727, 730
Nistagmo, 485-486, 502-503
Nitrogênio-uréia, níveis de, 709-710
Nitroglicerina
  para angina, 561-562
  transdérmica, 93-94
Níveis de organização, 4-6
Nível celular de organização, 4-5
Nível de organização dos órgãos, 4-5
Nível de organização química, 4, 5
Nível de organização tecidual, 4-5
Nível molecular de organização, 4-5
Nó atrioventricular (AV), 558, 561-563, 566
Nó sinoatrial (SA), 558, 561-563
Nociceptores, 472-473
Nodos de Ranvier (soluções de continuidade da bainha de mielina), 345-346
Nódulos linfáticos, 616-617
Nódulos linfáticos agregados (placas de Peyer), 617, 676-677
Noradrenalina. *Ver* Norepinefrina
Norepinefrina, 458-459, 521, 523
Normocítica, 544-545
Normocrômica, 544-545
Normovolêmica, 533, 544-545
Notas clínicas
  acalasia, 666-667
  acne, 101-102
  administração transdérmica de drogas, 93-94
  alterações da freqüência cardíaca, 564
  anatomia seccional e tecnologia clínica, 21-24
  anemia, 535-536
  anencefalia, 440-442
  anestesia caudal, 366
  anestesia espinal, 366
  arritmias cardíacas, 564
  arteriosclerose, 574-575
  asma, 640, 643
  avaliação do recém-nascido, 763
  bronquite, 640, 643
  caixa torácica e procedimentos cirúrgicos, 170
  câncer de mama, 737-739
  câncer de ovário, 725, 727
  câncer de pulmão, 643, 646
  câncer de testículo, 722
  cartilagem, 69
  cataratas, 499
  caxumba, 664-666
  centros integrativos, lesões dos, 443-444
  cifose, 161-162
  cinetose, 487
  classificação de fraturas, 129
  conjuntivite, 496
  crescimento e formação tumoral, 78
  dermatite seborréica, 101-102
  diabete insípido, 510, 512
  diagnóstico, 4, 6
  disfunção cerebelar, 414-415
  distúrbios da produção de queratina, 92
  divisão celular e câncer, 47
  doença, 4, 6
  doença arterial coronariana, 560-562
  doença de Alzheimer, 446-447
  doença de Ménière, 487
  doença de Parkinson, 410
  doença pulmonar obstrutiva crônica, 640, 643
  doenças congênitas do esqueleto, 123
  doenças desmielinizantes, 352-353
  doenças do esqueleto, 123
  doenças endócrinas, 521-523
  doenças medulares e dos nervos espinais, 376, 380
  doenças vasculares encefálicas, 447-448
  doping sangüíneo, 544-545
  dor aguda e crônica, 473
  dor muscular de início retardado, 251-252
  enfisema, 640, 643
  erros de desenvolvimento, 750
  esclerose lateral amiotrófica, 439-440
  esclerose múltipla, 376, 380
  escoliose, 161-162
  esofagite, 666-667
  espinha bífida, 167
  exame da pele, 89
  expansores de plasma, 533
  fibromialgia, 240-241, 243
  fibrose cística, 632
  formação e crescimento tumoral, 78
  formação óssea heterotópica, 118-119
  fraturas de costelas, 170
  fraturas do escafóide, 184
  gastrite, 673
  glaucoma, 499
  hemofilia, 541
  hemorragia epidural, 394-395
  hemorragia subdural, 394-395
  hérnias, 276, 279
  hidrocefalia, 396, 398, 400
  hipersensibilidade e função simpática, 456-458
  infarto do miocárdio, 565-566
  infecção e inflamação do coração, 554, 556
  infecções do trato urinário, 708
  injeções intramusculares, 305
  insuficiência renal, 704-705
  lesões da pele, 104-105
  lesões do esporte, 292
  lesões do ombro, 219
  lesões no joelho, 69, 225, 228
  linfadenopatia e câncer metastático, 620, 622
  linfomas, 620, 622
  lipoaspiração, 66
  lordose, 161-162
  luxação de uma articulação sinovial, 207-208
  marca-passos artificiais, 564-565
  mastoidite, 482-483
  mielografia, 366
  músculo esfenomandibular, 268-269
  neuropatias periféricas, 377
  nistagmo, 485-486
  níveis de consciência, 445-446
  níveis de hemoglobina, 536-537
  nódulos linfáticos infectados, 617
  novos desenvolvimentos em anatomia, 268-269
  obstrução traqueal, 636-637
  otite média, 482-483
  paralisia cerebral, 437-438
  paralisia de Bell, 422-423
  partos de nádegas, 763
  partos por fórceps, 763
  patologia, 4
  perda auditiva, 490
  policitemia, 535-536
  problemas cardíacos congênitos, 602
  problemas com as túnicas serosas, 74
  problemas com o armazenamento e a secreção de bile, 684-685
  problemas com o sistema coletor, 707
  problemas com o tornozelo e o pé, 200-201
  problemas nos discos intervertebrais, 216-217
  problemas relativos ao crescimento do crânio, 155
  prolapso de valva mitral, 558, 561
  punção espinal, 366
  raquitismo, 117-118
  reflexos cranianos, 427-428
  refluxo gastresofágico, 666-667
  rigor mortis, 247-249
  sangue sintetizado, 543
  síndrome compartimental, 319
  síndrome da desconexão inter-hemisférica, 444-445
  síndrome da fadiga crônica, 240-241, 243
  síndrome do desconforto respiratório, 646-648
  síndrome do túnel do carpo, 296-297
  sintomas das doenças neurológicas, 343
  sinusites, 153-154
  técnicas de imagem, 21-24
  teratógenos, 751
  tique doloroso, 421-422
  transfusões, 531
  transplante de córnea, 496, 498
  traumatismo medular, 376, 380
  traumatismos cranioencefálicos, 391-392
  triquinose, 257-258
  tumores de pele, 96
  tumores uterinos, 732-733
  úlceras pépticas, 673
  vertigem, 487
  Visible Human Project, 18
Notocorda, 768, 774
Nucleases, 685-686
Núcleo
  anterior, tálamo, 401, 404, 406
  basilar, 444-445
  caudado, 401
  celular, 30, 38-40, 341-342, 344, 357-358
  cuneiforme, 414-415
  grácil, 414-415
  lentiforme, 401
  paraventricular, hipotálamo, 406-407, 510
  pulposo, 214-215
  solitário, 479-480
  supra-óptico, hipotálamo, 406-407, 510
  supraquiasmático, hipotálamo, 406-407, 500
  vermelho, mesencéfalo, 410, 438-439
Nucléolo, 29, 39-40
Nucleoplasma, 29, 39-40
Núcleos cerebelares, 412, 414
Núcleos cocleares, 422-423, 490
Núcleos da base
  anatomia macroscópica, 401-402
  funções, 402-403
  no controle motor, 439-442
Núcleos
  laterais, tálamo, 406
  mediais, tálamo, 406
  motores, 367, 369
  olivares, 414-415
  posteriores, tálamo, 406
  sensitivos, 367, 369
  ventrais, tálamo, 406
  vestibulares, 422-423
Nucleossomo, 39-40

O

"Oblíquo", nome de músculo, 254-255
Obstrução urinária, 707, 711-712
Occipital, 135, 142-143, 155-156
Ocitocina (OT), 406, 510-511
Olfação (cheiro), 477-479, 779
Olho. *Ver também* Visão
  anatomia seccional, 494-496
  câmaras, 493, 495-496, 498-499
  desenvolvimento, 758-779
  estrutura, 493, 495
  estruturas acessórias, 491-493, 495
  músculos, 264, 266
  túnica fibrosa, 493, 495-496
  túnica neural (retina), 496, 498
  túnica vascular, 495-496, 498
Oligodendrócitos, 345-346
Olivas, bulbo, 415
Omento
  maior, 659-660, 662
  menor, 659-660, 662
Oncogene, 48-49
Oncologistas, 78, 84
Onda P, 565-566
Onda peristáltica, 639
Onda T, 565-566
Oócito, 725, 727, 748-749
Oócito secundário, 730-731
Oogênese, 725, 727, 730-732
Oogônia, 725, 727
Ooplasma, 748
Oposição (movimento), 211-213
Ora serrata, 496
Órbitas, 150-151
Orelha. *Ver também* Audição
  desenvolvimento, 758, 780
  externa, 480, 482
  interna, 482-486
  média, 480, 482-483. *Ver também* Cavidade timpânica
Organelas, 36
  membranosas, 30, 38-43
  não-membranosas, 30, 36-39
Organelas membranosas
  aparelho de Golgi, 40-43
  fluxo de membrana, 43
  lisossomos, 41-43
  mitocôndrias, 38-39
  núcleo, 38-40
  peroxissomos, 41-43
  retículo endoplasmático, 39-41
  visão geral, 30
Organelas não-membranosas
  centríolos, cílios e flagelos, 36-38
  citoesqueleto, 34-36
  ribossomos, 38-39
  visão geral, 30
Organização, níveis de, 4-6
Organogênese, 755, 757
Órgão de Corti, 489-490
Órgão espiral. *Ver* Órgão de Corti
Órgão linfáticos, 617-625
Órgãos, 2
Órgãos do olfato, 477

ÍNDICE

Órgãos do sentido, 471, 758. *Ver também sentidos específicos*
Órgãos tendíneos de Golgi, 475
Orifício anal. *Ver* Ânus
Orifícios, 238-239
Orquiectomia, 742-743
Osmose, 32-34
Ossículos da audição, 145-146, 158-159, 480-483
Ossificação, 117-118
  endocondral, 118-122
  intramembranácea (dérmica), 117-120
Ossificação dérmica (intramembranácea), 117-120
Osso compacto, 72, 112-116
Osso do calcanhar. *Ver* Calcâneo
Osso esfenoidal. *Ver* Esfenóide
Osso esponjoso, 72, 112-116
Osso sutural (wormiano), 126-127, 135, 142
Osso trabecular. *Ver* Osso esponjoso
Osso wormiano (sutural), 126-127, 135, 142
Osso. *Ver também* Sistema esquelético
  classificação, 126-127
  desenvolvimento e crescimento
    comprimento, 119-120, 122
    diâmetro, 120, 122
    regulação, 123-125
  doenças congênitas, 123
  e cartilagem, 72
  endósteo, 116-117-118
  envelhecimento e, 125-127
  fratura. *Ver* Fratura
  histologia, 71-72, 112-113
  inervação, 123
  irrigação sangüínea, 123-125
  lesão e reparação, 125-126
  osso compacto, 72, 112-116
  periósteo, 116-118
  remodelação, 124-126
  suprimento linfático, 123-125
  trabecular, 112-116
Ossos carpais, 184-185, 222
Ossos chatos, 126-127
Ossos curtos, 127
Ossos da orelha. *Ver* Ossículos da audição
Ossos dérmicos (membranosos), 117-118
Ossos do ombro (articulação glenoumeral), 175-176, 179
  anatomia de superfície, 330
  bolsas, 219
  estrutura, 217-219
  lesões, 217, 219, 233-234
  ligamentos, 217, 219
  movimentos, 222
  músculos e tendões, 217, 219, 285-286, 288, 290-292
Ossos do quadril, 184, 186-191, 223, 225
Ossos faciais, 135, 142, 148, 150-154, 157-159
Ossos irregulares, 127
Ossos listados
  bigorna, 482-483
  calcâneo, 196, 198-199
  capitato, 184
  carpais, 184-185, 222
  concha nasal, 632
  costelas, 169-170, 769
  cubóide, 196, 198-199
  cuneiforme, 196, 198-199
  escafóide, 84
  escápula, 175-176, 178-179, 222
  esfenóide, 145-148, 155, 157
  esterno, 170, 222
  estribo, 482-483
  etmóide, 147-148, 155, 157
  falanges
    das mãos, 184-186, 222
    dos pés, 196, 198-199, 223, 225
  fêmur, 114-115, 187, 193, 196, 223, 225
  fíbula, 193, 196, 198, 223, 225
  frontal, 135, 142, 144, 155-156
  hamato, 184
  hióide, 153-154, 158-159
  ílio, 184, 186
  ísquio, 184, 186
  lacrimal, 150-151, 155, 157
  longos, 126-127
  mandíbula, 150-152, 155, 157-159
  martelo, 482-483
  maxila, 148, 150, 155, 157
  membranosos (dérmicos), 117-118
  metacarpais, 184-185
  metatarsais, 196, 198-199, 223, 225
  nasal, 148, 150, 157
  navicular, 196, 198-199
  occipital, 135, 142-143, 155-156
  ossículos da audição, 145-146, 158-159, 480-483
  palatino, 148, 150-151, 157
  parietal, 135, 142-143, 156
  patela, 127, 193, 196, 225, 228
  piramidal, 184
  pisiforme, 184
  pneumáticos, 126-127
  púbis, 184, 186-187, 193
  rádio, 150-184, 222
  semilunar, 184
  sesamóide, 127
  sutural (wormiano), 126-127, 135, 142
  tálus, 193, 196, 198
  tarsais, 195-196, 198-199, 223, 225
  temporal, 145-146, 155-156, 481
  tíbia, 193, 196-198, 223, 225
  trapézio, 184
  trapezóide, 184
  ulna, 176, 179, 181, 184-183, 222
  vértebras, 161-163
  vômer, 150-151, 157
  zigomático, 145, 150-151, 155, 157
Osteíte deformante (doença de Paget), 126-127, 130
Osteoartrite, 233-234, 651
Osteoartrite
  vertebral, 651
Osteoblastos, 81, 112-113
Osteócitos, 71, 112-113
Osteoclastos, 112-113
Osteogênese, 112
Osteogênese imperfeita, 123, 130
Osteóide, 112
Osteólise, 112-113
Osteoma, 78
Osteomalacia, 123, 130
Osteomielite, 126-127, 130
Osteona, 112-113
Osteopenia, 125-126, 130
Osteopetrose, 123, 130
Osteoporose, 77, 126-127, 130
Osteossarcoma, 78
Óstio cárdico, estômago, 668-669
Óstio do útero, 732-733
Óstio interno, útero, 732-733
Óstio pilórico, 669
Otite média, 482-483
  aguda, 482-483
  serosa, 482-483
Otólitos, 485-486
Ovários
  anatomia macroscópica, 725, 727
  ciclo ovárico e oogênese, 725, 727-732
  funções endócrinas, 508, 520-521
Ovo, 715
Ovulação, 727, 730-731, 748-749
Oxigênio, na hemoglobina, 536-537

P

Paget, doença de (osteíte deformante), 126-127, 130
Paladar. *Ver* Gustação
"Palatal", estrutura dental de referência, 666-667
Palatino, 148, 150-151, 157
Palato duro, 148, 632, 662-663
Palato mole, 632, 662-663
Pálpebras, 491-493
Pancoast, tumor de, 650-651
Pâncreas
  anatomia macroscópica, 517-519, 683-685
  enzimas produzidas pelo, 685-686
  funções endócrinas, 519-520
  histologia, 519, 684-686
  hormônios produzidos pelo, 508
  regulação, 685-686
Pâncreas endócrino, 519-520
Pâncreas exócrino, 643, 646-686
Pancreatite, 688-689
Panículo adiposo da tela subcutânea, 737-739
Papila duodenal, 676-677, 684-685
Papila ileal, 676-677
Papila pilosa, 97-98
Papila renal, 694
Papilas
  dérmica, 94-95, 765
  lingual, 478-479, 663-664
  renal, 694, 696
Papilas circunvaladas, 478-479
Papilas dérmicas, 93-94
Papilas filiformes, 478-479
Papilas fungiformes, 478-479
Pápula, 108
Parada cardíaca, 564
Paralisia agitante (doença de Parkinson), 410, 427-428, 439-440
Paralisia cerebral, 437-438, 447-448
Paralisia por pressão, 343
Paralisias braquiais, 377
Paralisias da perna, 377
Paraplegia, 367, 369, 376, 380, 382-383
Parênquima, 64, 638, 640
Paresia fibular, 377
Parestesias, 343, 377
Parietal, 135, 142-143, 156
Parkinson, doença de (paralisia agitante), 410, 427-428, 439-440
Parte abdominal da aorta, 586, 588, 590
Parte anterior, 17
Parte descendente da aorta, 556, 558, 586, 588
Parte distal, hipófise, 510-511
Parte escamosa, osso temporal, 145, 156
Parte esponjosa da uretra (parte peniana da uretra), 707
Parte faríngea da tuba auditiva. *Ver* Tuba auditiva
Parte intermédia, hipófise, 510, 620, 622
Parte laríngea da faringe, 634
Parte membranácea da uretra, 707
Parte nasal da faringe, 634
Parte oral da faringe, 634
Parte peniana da uretra (uretra esponjosa), 707
Parte petrosa, temporal, 145-146, 156
Parte posterior, 17
Parte prostática da uretra, 707
Parte timpânica do temporal, 145
Parte torácica da aorta, 586, 588
Parte tuberal, 510, 512
Parto, 760
  cesariana, 762
  de nádegas, 763, 796-797
  fórceps, 763
  prematuro, 763
Parto de nádegas, 763, 796-797
Parto prematuro, 763
Partos a fórceps, 763
Parturição, 760
Patela, 127, 193, 196, 225, 228
Patologia, 4, 23-24
Patologista, 84
Pavilhão auricular, 480, 482
Pé
  anatomia de superfície, 335
  arcos, 196, 198-200
  articulações, 228-230
  nota clínica, 200-201
  ossos, 196, 198-200
Pé chato, 199-203
Pé em garra, 200-201
Pé torto, 200-201
"Pé torto", 377
Pedículos, vértebras, 161-162
Pedúnculo de conexão, 755, 757, 790
Pedúnculo vitelino, 755, 757, 789
Pedúnculos cerebelares, 414-415
Pedúnculos cerebrais, 410-411
Pedúnculos ópticos, 779
Peito. *Ver* Tórax
Pele delgada, 93-94
Pele espessa, 93-94
Pele. *Ver também* Tegumento comum
  câncer, 96
  caso clínico (alergia ao látex), 106-108
  derme. *Ver* Derme
  desenvolvimento, 758, 754
  envelhecimento e, 105-107
  epiderme. *Ver* Epiderme
  estrutura e função, 90
  exame, 89
  glândulas, 98, 100-103
  inervação, 97
  irrigação sangüínea, 90, 95-97
  receptores táteis, 473-475
Pêlo
  cor, 98, 100
  crescimento e substituição, 98, 100
  estrutura, 97-98. *Ver também* Folículo piloso
  funções, 97-98
  produção, 97-98
  tipos, 98, 100
Pêlos intermediários, 98, 100
Pêlos terminais, 98, 100
Pelve
  anatomia de superfície, 334

anatomia seccional, 706
artérias, 588, 590
diferenças sexuais, 187, 193, 200-201
drenagem linfática, 621
falsa, 186-187, 192
maior/menor, 186-187, 192
músculos, 276, 279, 281, 302-304, 306
nervos, 373, 376-379
ossos, 186-187, 190, 193, 223, 225
renal, 694, 696
veias, 597-599
verdadeira, 186-187, 192
Pênis, 723, 725-726
Pepsina, 673
Pepsinogênio, 673
Peptidases, 685-686
Peptídeo natriurético atrial (PNA/ANP), 517-518, 561-562
Peptídeo natriurético encefálico (BNP), 517-518
Percepção, 471
Perfil lipídico, 524
Pericárdio, 19, 72, 548, 550
Pericárdio fibroso, 548, 550
Pericárdio parietal, 19, 548, 550
Pericárdio visceral, 19, 548, 550, 552
Pericardite, 73, 84
Pericardite constritiva, 554, 556
Pericário, 344-345, 349
Pericôndrio, 69
Perilinfa, 483
Perimétrio, 733-734
Perimísio, 238-239
Períneo, 187, 193, 276, 279, 281
Perineuro, 369
Período neonatal, 763
Periósteo, 72, 114-115
Peristalse, 658-659
Peritônio, 20, 72, 659-662
Peritônio parietal, 20, 659-660, 662
Peritônio visceral (túnica serosa), 20, 657-660, 662
Peritonite, 73, 84, 688-689
Permeabilidade
processos ativos
endocitose, 33
endocitose mediada por receptor, 33-34
fagocitose, 33
pinocitose, 33
transporte ativo, 32-33
processos passivos
difusão, 32-34
difusão facilitada, 32-34
osmose, 32-34
tipos, 32
Permeabilidade de membrana. *Ver* Permeabilidade
Perna. *Ver* Membro inferior
Peroxissomos, 29-30, 41-43
Perspiração insensível, 92
Perspiração sensível, 101-102
Pés. *Ver* Membro inferior
Pescoço
anatomia de superfície, 328-329
anatomia seccional, 633-634
artérias, 582, 585-586
drenagem linfática, 618
músculos, 264, 266, 268-272, 285-286
nervos, 372
ossos, 163-164
Pesquisa de sangue oculto nas fezes, 687-688
Petéquia, 709-710
Pia-máter, 365, 391-392
Pielite, 708
Pielograma, 705-706, 711-712
Pielonefrite, 708
Pigmento epidérmico, 94-95
Piloro, 668-669
Pinealócitos, 520-521
Pinocitose, 33
Pinossomos, 33
Piramidal, 184
Pirâmides, 436-437
Pirâmides renais, 694
Pisiforme, 184
Placa
amilóide, 446-447
aterosclerótica, 544-545, 574-575
coronariana, 560
dental, 688-689
Placa (cartilagem) epifisial, 119-121
Placa alar, 775
Placa ântero-lateral, 775
Placa cribriforme, etmoidal, 147-148
Placa do soalho, 775
Placa lateral, 772
Placa motora terminal, 239-240
Placa neural, 774
Placa póstero-lateral, 775
Placas de Peyer (nódulos linfáticos agregados), 617, 676-677
Placas terminais vertebrais, 214-215
Placenta, 739-740, 750, 754, 756
abrupta, 796-797
prévia, 796-797
prévia total, 796-797
Placentação, 750, 755, 757
Placódio da lente, 779
Placódios nasais, 779
Placódios óticos, 780
Plano coronal, 17
Plano corporal, vertebrados, 3
Plano frontal, 17
Plano sagital, 17
Plano transversal, 17
Planos anatômicos, 17-18
Planos de corte, 17
Plaquetas, 68, 532, 534-535, 540-541
Plasma, 68, 531-533
Plasmalema
estrutura, 29- 31, 34-35
extensões, 34-35
funções
processos ativos, 32-33
processos passivos, 32
visão geral, 30-32
receptores, 459-461
Plasmina seminal, 723, 725
Plasmócitos, 63, 612-613
Plasticidade, 658
Platisma, 264, 266
Pleura, 18, 643, 646
Pleura, 18, 72, 643, 646
Pleura visceral, 18, 643, 646
Pleurisia, 73, 84, 643, 646
Pleurite, 73, 84
Plexo autônomo, 456-458, 463-464
Plexo braquial, 371-373, 376
Plexo cardíaco, 464
Plexo celíaco, 464
Plexo cervical, 272, 371-372, 375
Plexo corióideo, 394-395, 778
Plexo cutâneo, 90, 97
Plexo da raiz do pêlo, 97-98, 475
Plexo de Auerbach (plexo mioentérico), 657-658
Plexo de Meissner (plexo submucoso), 657-658
Plexo esofágico, 464
Plexo faríngeo, 268-270
Plexo hipogástrico, 456-458, 464, 705-706
Plexo lombar, 371, 373, 376-379
Plexo mesentérico inferior, 464
Plexo mioentérico (de Auerbach), 657-658
Plexo nervoso, 370-379
Plexo pampiniforme, veia testicular, 715
Plexo papilar, 97
Plexo pulmonar, 464
Plexo sacral, 371, 373, 376-379
Plexo submucoso (de Meissner), 657-658
Plexo subpapilar, 97
Pneumonia, 651-652
Pneumotórax, 170-172, 651-652
Podócitos, 698-699, 702
Polaridade, tecido epitelial, 52, 53
Polegar, 184, 186
Polias anatômicas, 255-257
Policitemia, 535-536, 544-545
vera, 535-536
Poliomielite, 257-258
Polipeptídeo pancreático (PP), 519-520
Pólipos endometriais, 742-743
Polispermia, 748
Pólo vascular, 698-699
Polpa, baço, 623-624
Polpa branca, baço, 623-624
Pomo-de-Adão. *Ver* Cartilagem tireóidea
Ponte
anatomia macroscópica, 148, 410, 412, 414
centros de controle respiratório, 649-650
funções, 412, 414, 442
visão geral, 388-389
Pontes cruzadas, 244-245
Ponto cego, 496, 498
Pontos de referência anatômica, 14
Pontos lacrimais, 493, 495
Pontos lacrimais inferior/superior, 493, 495
Poro gustatório, 479-480
Poro nuclear, 29, 39
Porta do fígado, 680-681
Posição anatômica, 14
Posterior, 15-16
Potencial de ação, 246-247, 341-342, 344, 353-354
Potencial de membrana, 36
Pott, fratura de, 129
Predisposição hereditária, 48-49
Pré-eclâmpsia, 796-797
Pré-embrião, 750
Prega da cabeça, 755, 757
Prega da cauda, 755, 757
Pregas
gástricas, 671
vaginais, 736-737
vesicais, 704-706
Pregas circulares, 674
Pregas cutâneas, 102-103
Pregas da uretra, 793
Pregas neurais, 774
Pregas urogenitais, 793
Pregas vestibulares, 635-636
Pregas vocais, 635-636
falsas, 635-636
verdadeiras, 635-636
Prepúcio, 723, 725
do clitóris, 737-739
do pênis, 723, 725
Pressão positiva expiratória final (PPEF), 646-648
Pressão sangüínea, 603-604
Primeiro trimestre
clivagem e formação de blastocisto, 750-752
definição, 749
embriogênese, 755, 757
implantação, 751-755
placentação, 755-757
visão geral, 758-759
Princípio do tudo ou nada, contração muscular, 247-249
Problemas cardíacos congênitos, 602
Problemas do nervo ulnar, 176, 179
Procedimentos radiológicos, 21-24
Processamento em paralelo, 355-357
Processamento seriado, 355-357
Processo alveolar, maxila, 148, 157
Processo clinóide anterior/posterior, 147-148, 157
Processo condilar da mandíbula, 150-151, 157
Processo coracóide da escápula, 175-176
Processo coronóide
da mandíbula, 150-151, 157
da ulna, 176, 179
Processo costal, vértebras, 164
Processo espinhoso, arco vertebral, 161-162
Processo estilóide
da ulna, 176, 179
do rádio, 184
do temporal, 145-146, 156
Processo frontal, maxila, 148
Processo mastóide, temporal, 145-146, 156
Processo palatino, maxila, 157
Processo pterigóide, esfenóide, 147-148, 157
Processo temporal, zigomático, 145, 157
Processo transverso, arco vertebral, 161-162
Processo xifóide, esterno, 170
Processo zigomático, temporal, 145, 156
Processo(s), 128
arco vertebral
espinhoso, 161-162
transverso, 161-162
áxis, dente do, 164
escápula, coracóide, 175-176
esfenóide
clinóide, 147-148
pterigóide, 147-148, 157
esterno, xifóide, 170
estilóide, 145-146, 156
mandíbula, condilar/coronóide, 150-151, 157
mastóide, 145-146, 156
maxila
alveolar, 148
frontal, 148
palatino, 148, 157
palatino, orbital, 148, 150
sacro, articular superior, 166, 168
temporal, zigomático, 145, 156
ulna, coronóide/olécrano, 176, 179
vértebras
articular, 162-163, 166, 168
costal, 164
zigomático, temporal, 157
Processos articulares, vértebras, 162-163, 166, 168
Processos ativos de membrana, 32. *Ver também* Permeabilidade, processos ativos
Processos ciliares, 496
Processos orbitais, palatino, 148, 150
Processos palatinos, maxila, 148

Processos secundários, 699-700
Proclorperazina, 487
Proeminência axônica, 350-351
Proeminência laríngea, 634-635
Prófase, 46
"Profundo", nome de músculo, 254-255
Progesterona, 512-513, 520-521, 731-732
Progestinas, 512-513, 731-732
Prolactina (PRL), 511-513, 737-739
Prolapso de valva mitral (PVM), 558, 561, 567-568
Prolapso uterovaginal, 740-743
Prometazina, 487
Promontório do sacro, 166, 168
Prona, 15
Pronação, 184, 211-212
Pronefro, 791
Pró-núcleo masculino/feminino, 748-749
Propranolol, 561-562
Proprioceptores, 351-352, 475
Prosencéfalo, 387, 389, 777
Próstata, 723-723, 725
Prostatectomia, 742-743
Proteína fixadora de andrógeno (PFA), 719, 721
Proteínas
  de membrana, 31
  integrais, 31
  periféricas, 31
  plasmática, 533
  transmembrana, 31
  transportadora, 32
Proteinases, 685-686
Proteinúria, 709-710
Protração, 211-213
Protuberância occipital, 135, 142
Proximal, 15-16
Pseudópodos, 33
Psoríase, 92, 108
PTH (hormônio paratireóideo), 124-125, 513, 515, 521, 523
Púbis, 184, 186-187, 193
Pulmão, 637-643, 646
  anatomia macroscópica, 637-639
  árvore bronquial, 638, 640, 643
  desenvolvimento, 787
  faces, 638, 640
  irrigação sangüínea, 643, 646
  lobos, 637-638, 640
Pulso carotídeo bilateral, 603-604
Pulso venoso jugular, 593, 595
Pulvinar, 405-406
Punção espinal, 366, 382-383
Punção lombar, 366, 382-383
Punho
  anatomia de superfície, 333
  articulações, 219, 222
  estabilidade, 219
  ligamentos, 219, 222
  músculos, 290, 293-295
  ossos, 184, 185
Pupila, 496
Putame, 401

Q

Quadrante inferior direito (QID), 15
Quadrante inferior esquerdo (QIE), 15
Quadrante superior direito (QSD), 15
Quadrante superior esquerdo (QSE), 15
Quadrantes abdominopélvicos, 15
Quadrantes abdominopélvicos, 15, 23-24
Quadriplegia, 367, 369, 376, 380, 382-383
Quelóide, 104, 108
Queratina, 92
Queratina dura, 97-98
Queratinização, 92
Queratinócitos, 90
Querato-hialina, 92
Quiasma óptico, 406, 418-419
Quimiorreceptores, 475-476
Quimiotaxia, 539-540
Quimioterapia, 84
Quimo, 668-669

R

Radiação ultravioleta (UV), 94-95
Rádio, 179, 181, 184, 222
Radiodensidade, 21
Radiografia com contraste de bário, 21
Radiologistas, 21, 23-24
Rafe, 251-252, 715, 717-718
Rafe do períneo, 715, 717-718
Raios astrais, 46
Raios X, 21, 23-24
Raiva, 357-358
Raiz
  da língua, 663-664
  do dente, 664-666
  do pênis, 723, 725
  do pulmão, 637-638
Raiz anterior, 262
Raiz do pêlo, 97-98
Raiz posterior, 262
Ramificação do ramo esquerdo, 563, 566
Ramificação terminal (telodendros), 350-351
Ramo, 128
  da mandíbula, 157
  osso do quadril, do ísquio, 184, 186
  púbico, inferior/superior, 184, 186
Ramo anterior, 370-371
Ramo branco, 370-371, 454, 456
Ramo bronquial, 586, 588, 643, 646
Ramo cinzento, 370-371, 454, 456
Ramo circunflexo, artéria coronária esquerda, 558, 561
Ramo da margem esquerda, artéria coronária esquerda, 558, 561
Ramo dental nervoso, 664-666
Ramo dental sangüíneo, 664-666
Ramo do fascículo direito, 563, 566
Ramo esofágico, 586, 588, 667-668
Ramo interventricular
  anterior, artéria coronária esquerda, 558, 561
  posterior, artéria coronária direita, 558, 561
Ramo interventricular esquerdo, artéria coronária esquerda, 558, 561
Ramo interventricular posterior, artéria coronária direita, 558, 561
Ramo isquiático, osso do quadril, 184, 186
Ramo marginal direito, artéria coronária direita, 558, 561
Ramo mediastinal, 586, 588
Ramo posterior, 370-371
Ramos atriais, artéria coronária direita, 558, 561
Ramos do pênis, 723, 725
Rampa do tímpano (ducto timpânico), 490
Raquitismo, 117-118, 123, 130
Raynaud, doença de, 456-458, 467
Raynaud primário, fenômeno de. *Ver* Raynaud, doença de
Reação anafilática, 108
Reação cruzada, 537-538
Reação de coagulação, 531
Recém-nascido
  alterações cardiovasculares, 599-600, 603, 763
  alterações respiratórias, 649-650, 763
  avaliação, 763
  transições, 763
Receptor, 341-342, 344, 471-473. *Ver também tipos específicos*
  gustatórios 478-480
  olfatórios, 477
Receptor local, 32
Receptor sensitivo visceral, 341-342, 344
Receptor sensorial, 471
Receptores
  alfa, 459-460
  beta, 459-460
  de adaptação lenta, 471
  de adaptação rápida, 471
  de água, 479-480
  de pressão e tato epicrítico, 473, 475
  de tato e pressão, 473, 475
  encapsulados, 475
  fásicos, 471
  gustativos, 478-479
  muscarínicos, 461
  não-encapsulados, 473
  nicotínicos, 461
  olfatórios, 477
  sensitivos somáticos, 341-342, 344
  táteis, 473-475
  tônicos, 471
Reconstrução seriada, 18
Recrutamento, 249-250
Rede do testículo, 718
Rede terminal, 34-35
Redes neuronais, 355-356
Redondo, 254-255
Redução da pulsação, 603-604
Reestenose, 561-562
Reflexo, 341-342, 344
  à luz, direto/consensual, 425-427
  adquirido, 380-382
  auditivo, 425-428
  autônomo.
  cilioespinal, 651
  classificação, 376, 380-382
  consensual à luz, 425-427
  corneano, 425-428
  craniano, 380-382, 425-428
  cremastérico, 715, 717-718
  curto, visceral, 465
  cutâneo-pupilar, 651
  de defecação, 679-680
  definição, 376, 380
  do estiramento, 380-382
  endócrino, 509
  espinal, 380-382
  espinal, 376, 380-382
  estiramento, 380-382
  etapas, 376, 380-381
  fotomotor (direto à luz), 425-427
  inato, 380-382
  integração, 380-383
  longo, visceral, 465
  mecanorreceptor, 650
  miotático, 524
  mioentérico, 659-660, 662
  monossináptico, 376, 380-382
  patelar, 380-383
  polissináptico, 376, 380-382
  postural, 380-382
  protetor, 650
  respiratório, 650
  quimiorreceptor, 650
  somático, 380-382
  tendíneo profundo, 232-234, 524
  timpânico, 425-428
  vestíbulo-ocular, 425-428
  visceral, 380-382, 464-466
Refluxo esofágico, 686-687
Refluxo gastresofágico, 666-667
Regeneração
  tecido epitelial, 52
  tecido neural, 352-354
Região inguinal, drenagem linfática, 621
Regiões abdominopélvicas, 15, 23-24, 671
Regiões anatômicas, 15
Regurgitação, válvula, 558, 561
Relaxina, 740-741
Remissão, 84
Remodelamento ósseo, 124-126
Renina, 517-518, 673, 700, 703
Replicação de DNA, 44-46
Reposição, 211-212
Reposição intravenosa (IV) de líquidos e eletrólitos, 323
Reserva venosa, 577-578
Reservatório de sangue, 577-578
Resistência tensora, 63
Respiração, 12-13
Respiração costal, 649-650
Respiração diafragmática, 648-650
Respiração forçada, 649-650
Respiração profunda, 649-650
Respiração silenciosa, 648-649
Respiração superficial, 649-650
Responsividade, 6
Resposta (reflexo) plantar, 232-234
Resposta imunológica, 614-616
Ressonância magnética (RM), 22-24
Ressuscitação cardiopulmonar (RCP), 651-652
Resumos de embriologia
  coluna vertebral, 768-769
  coração, 783
  crânio, 766-767
  encéfalo, 777-778
  epitélios, 80
  esqueleto apendicular, 770-771
  medula espinal, 768-769, 775-776
  músculos, 772-773
  órgãos dos sentidos "especiais", 779-780
  sistema circulatório, 784-785
  sistema digestório, 789-790
  sistema endócrino, 781-782
  sistema genital, 793-795
  sistema linfático, 786
  sistema nervoso, 774
  sistema respiratório, 787-788
  sistema urinário, 791-792
  sistemas de órgãos, 82-83
  tecidos, 79
  tecidos conectivos, 81
  tegumento comum, 764-765
Retenção urinária, 708
Retículo endoplasmático, 29-30, 34-35, 38-41
  liso (REL), 29-30, 40-41
  rugoso (RER) 29-30, 40-41
Retículo sarcoplasmático, 243-244, 246-247
Reticulócitos, 543
Retina (túnica neural), 496, 498
Retináculo dos músculos extensores, 294-295, 309, 311
Retináculo dos músculos flexores, 295-296
Reto, 677, 679
"Reto", nome de músculo, 254-255

Retração, 211-213
Retroflexão uterina, 732-733
Reumatismo, 228-229, 233-234
Reverberação, 355-357
Ribossomos, 29-30, 37-39
  fixos, 29, 38-39
  livres, 29, 38-39
Rigor mortis, 247-249, 257-258
Rim
  anatomia de superfície, 694
  anatomia seccional, 694-694, 696-697
  funções endócrinas, 508, 517-518
  histologia, 698-700, 703
  irrigação sangüínea, 694, 696, 698-699
  néfrons. *Ver* Néfron
  nervos, 694, 696
  transplante, 704-705
  urograma, 697
Rima das pálpebras, 491-492
Ritmo circadiano, 500, 520-521
Rizotomia, 421-422, 473
RM (ressonância magnética), 22-24
Rombencéfalo, 387, 389, 777
Rotação, 209, 211-212
Rugas, 96
Ruído sistólico, 603-604

S

Sabores primários, 479-480
Saco endolinfático, 485-486
Saco linfático mediano, 786
Saco pericárdico, 548, 550
Saco vitelino, 752-753, 789
"Sacos" linfáticos primordiais, 786
Sacos alveolares, 640, 643
Sacos linfáticos jugulares, 786
Sacro, 166, 168
Saculações, 676-677
Sáculo, 483, 485-486
Sais biliares, 680-681
Salpingooforectomia, 725, 727
  bilateral, 725, 727
Sangue, 531-545
  composição, 531-541
  distribuição no sistema circulatório, 577-578
  elementos formados, 68, 534-541
  funções, 531
  hematopoiese, 541-543
  plasma, 533
  transfusões, 531
  viscosidade, 532
  volume, 532-533
Sangue fracionado, 532
Sangue Rh-negativo, 537-538
Sangue Rh-positivo, 537-538
Sangue tipo A, 537-538
Sangue tipo AB, 537-538
Sangue tipo B, 537-538
Sangue tipo O, 537-538
Sangue total, 532, 533. *Ver também* Sangue
Sarco, 238-239
Sarcolema, 75, 240-241, 243
Sarcoma cardíaco, 78
Sarcômero, 242-246
Sarcoplasma, 75, 240-241, 243
Schwannoma vestibular, 502-503
SDRA (síndrome do desconforto respiratório do adulto), 646-648
Sebo, 98, 100
Secreção apócrina, 60, 61
Secreção holócrina, 61
Secreção merócrina, 60, 61
Secretina, 673
Sedimentação, 687-688
Sedimentos de góbulos vermelhos, 709-710
Segmentação, 658-660, 662
Segmento inicial, axônio, 350-351
Segmento terminal, aorta, 588, 590
Segmentos broncopulmonares, 638, 640
Segundo trimestre, 749, 757-761
Seio, 128
  carótico, 582, 586
  cavernoso, 592-593
  coronário, 558, 561
  da aorta, 475, 556, 558
  esfenoidal, 153
  frontal, 135, 142, 153, 156
  lactífero, 737-739
  maxilar, 148, 153, 157
  nota clínica, 153-154
  paranasal, 152-153
  renal, 694
  reto, 592-593
  reto, 592-593
  sagital, 391-392, 592-593
  sagital superior, 592-593
  sigmóideo, 592-593
  transverso, 391-392
  urogenital, 790, 792
  venoso da esclera (canal de Schlemm), 499
Seios da dura-máter, 391-392
Seios esfenoidais, 153
Seios frontais, osso frontal, 135, 142, 153, 156
Seios maxilares, 148, 153, 157
Seios paranasais, 152, 153
Seios petrosos, 592-593
Seios sagitais superior/inferior, 391-392
Sela turca, 147-148, 157
Sêmen, 723, 725
Semilunar, 184
Sensação, 432, 434, 471
Sensibilizado, 537-538
Sentidos, 471, 779-780. *Ver também sentidos específicos*
Sentidos gerais
  mecanorreceptores, 473-475
  nociceptores, 472-473
  quimiorreceptores, 475-476
  termorreceptores, 473
  visão geral, 471-473
Separação do ombro, 217, 219, 233-234
Sepse, 108
Septo interatrial, 554, 556
Septo interventricular, 554, 556
Septo nasal
  anatomia macroscópica, 150-151, 632
  desvio, 153-154, 171-172
Septo pelúcido, 389
Septos
  pulmão, 638, 640
  testículos, 718
Septos intermusculares, 74
  membro inferior, 318, 321
  membro superior, 318
Sesamóide, 127
Sífilis, 742-743
Silicose, 651-652
Sinais cutâneos, 89
Sinapse, 350-351
  axoaxônica, 354-355
  axodendrítica, 354-355
  axossomática, 354-355
  não-vesicular (elétrica), 355-356
  vesicular (química), 239-240, 246-248, 354-356
Sinapse adrenérgica, 458-460
Sinapse axodendrítica, 354-355
Sinapses colinérgicas, 458-459
Sinapses não-vesiculares (elétricas), 355-356
Sinapses neuromusculares, 239-240, 246-248, 354-356
Sinapses químicas (vesiculares), 354-356. *Ver também* Sinapses neuromusculares
Sinartrose, 206
Sincondrose, 206
Sindesmose, 206
Síndrome alcoólica fetal (SAF), 751, 796-797
Síndrome compartimental, 319, 324
Síndrome da desconexão inter-hemisférica, 444-445, 447-448
Síndrome da fadiga crônica, 240-241, 243
Síndrome da imunodeficiência adquirida (AIDS), 615-616, 626
Síndrome do choque séptico, 742-743
Síndrome do desconforto respiratório do adulto (SDRA), 646-648
Síndrome do desconforto respiratório do recém-nascido, 646-648
Síndrome do intestino irritável, 688-689
Síndrome do roubo da subclávia, 600, 603-605
Síndrome do túnel do carpo, 295-297, 324, 377
Síndrome hemolítico-urêmica (SHU), 709-710
Sinérgico, 253-255
Sínfise, 206
  púbica, 184, 186, 206
Sinostose, 206
Sintomas púbicos, 184, 186
Sinusite, 153-154, 171-172
Sinusóides, 575
Sistema ativador reticular, 445-446
Sistema circulatório
  alterações ao nascimento, 599-600, 603, 763
  caso clínico (oclusão da artéria subclávia, "síndrome do roubo da subclávia), 600, 603-605
  ciclo cardíaco, 561-563, 566
  coração. *Ver* Coração
  desenvolvimento, 759, 784-785
  distribuição sangüínea no, 577-578
  envelhecimento e, 600, 603
  pericárdio, 548, 550, 552
  problemas congênitos, 602
  vasos e circulação, 572-605
  visão geral, 9, 548, 550
Sistema coletor, rim, 698, 700, 703
Sistema de defesa respiratória, 632
Sistema de emergência. *Ver* Divisão simpática (toracolombar), sistema nervoso autônomo
Sistema de Havers, 112-113
Sistema descendente lateral, 437-439
Sistema descendente lemniscal medial. *Ver* Via da coluna posterior
Sistema digestório
  camadas musculares e movimento do material digestivo, 657-660, 662
  caso clínico (doença inflamatória intestinal), 686-689
  cavidade oral, 662-667
  dentes, 664-667
  desenvolvimento, 661, 759, 789-790
  envelhecimento e, 686-687
  esôfago, 667-669
  estômago, 668-673
  faringe, 666-668
  fígado, 679-683
  funções, 656
  glândulas salivares, 663-666
  intestino delgado, 673-677
  intestino grosso, 676-680
  língua, 662-664
  organização histológica, 656-658
  órgãos glandulares acessórios, 679-686
  pâncreas, 683-686
  peritônio, 659-662
  vesícula biliar, 682-684
  visão geral, 11, 656-658
Sistema endócrino. *Ver também glândulas e hormônios específicos*
  características das glândulas, 59
  caso clínico (tireoidite de Hashimoto), 524-526
  desenvolvimento, 759, 781-782
  distúrbios, 522-521, 523
  embriologia, 80
  envelhecimento e, 521, 523
  visão geral, 9, 508-509
Sistema esquelético. *Ver também* Osso
  alterações relacionadas à idade, 125-127, 202-203
  articulação. *Ver* Articulações
  caso clínico (lesão em chicote), 229, 231-232
  desenvolvimento, 758
  diferenças sexuais, 200-201
  divisão apendicular. *Ver* Esqueleto apendicular
  divisão axial. *Ver* Esqueleto axial
  doenças congênitas, 123
  funções, 112
  variação individual, 199-201
  visão geral, 7
Sistema extrapiramidal. *Ver* Via lateral; Via medial
Sistema genital, desenvolvimento, 759, 793
Sistema genital feminino
  caso clínico (prolapso uterovaginal), 740-743
  ciclo uterino, 734-737
  controle hormonal, 736-737
  desenvolvimento, 755, 757, 795
  envelhecimento e, 740-741
  genitália externa, 736-739
  glândulas mamárias, 737-740
  gravidez e, 739-741
  organização, 715
  ovários, 520-521, 725, 727-732
  tubas uterinas, 731-733
  útero, 732-736
  vagina, 735-738
  visão geral, 12, 725, 727-728
Sistema genital masculino
  desenvolvimento, 759, 794
  ducto deferente, 722, 724
  envelhecimento e, 740-741
  epidídimo, 722
  espermatogênese, 718-719
  espermiogênese, 718-719, 721
  glândulas acessórias, 723-723, 725
  glândulas bulbouretrais, 724-725
  glândulas seminais, 723, 724
  organização, 715
  testículos, 519-521, 715-719, 721

ÍNDICE

trato genital, 722
uretra, 722
visão geral, 12, 715, 718
Sistema límbico, 401, 404
Sistema linfático
caso clínico (linfoma torácico), 624-626
desenvolvimento, 759, 786
envelhecimento e, 624-625
funções, 609-610
linfócitos. *Ver* Linfócitos
órgãos linfáticos, 617-625
tecidos linfáticos, 616-617
vasos linfáticos, 609-612
visão geral, 10, 540, 609
Sistema monócito-macrófago, 540
Sistema motor visceral. *Ver* Sistema nervoso autônomo
Sistema muscular
apendicular. *Ver* Musculatura apendicular
axial. *Ver* Musculatura axial
caso clínico (fratura de quadril), 323-324
desenvolvimento, 758, 772-773
dor muscular, início retardado, 251-252
envelhecimento e, 256-257
esquelético. *Ver* Músculo esquelético
funções, 75
terminologia, 253-255
unidades motoras e controle muscular, 247-250
visão geral, 8, 238-239
Sistema nervoso autônomo (SNA), 341-342, 344
divisões, 452-454. *Ver também* Divisão parassimpática (craniossacral), sistema nervoso autônomo. Divisão simpática (toracolombar), sistema nervoso autônomo
e sistema nervoso somático, 452-453
integração e controle de funções, 464-465
neuropatia diabética e, 465
níveis de controle, 465-467
no controle da freqüência cardíaca, 556-558
padrões de inervação, 452-453
plexos periféricos, 463-464
vias motoras, 435-437
Sistema nervoso central (SNC). *Ver também* Encéfalo; Medula espinal
desenvolvimento, 775-778
funções, 341, 343
neuróglia, 344-347
organização anatômica, 356-358, 362-363
vias motoras, 435-437
Sistema nervoso entérico, 452-453, 659-660, 662
Sistema nervoso periférico (SNP)
desenvolvimento, 776
divisões, 341-342, 344. *Ver também* Sistema nervoso autônomo; Sistema nervoso somático
funções, 341, 343
organização anatômica, 356-358, 371
Sistema nervoso somático (SNS)
e sistema nervoso periférico, 452-453
funções, 341-342, 344
vias motoras, 435-436
Sistema nervoso. *Ver também* Sistema nervoso central; Sistema nervoso periférico
caso clínico (perda auditiva), 502-503
desenvolvimento, 758, 774
envelhecimento e, 446-448
organização anatômica, 356-358
tecido neural. *Ver* Tecido neural
terminologia, 341-342, 344
vias motoras. *Ver* Vias motoras
vias sensitivas. *Ver* Vias sensitivas
visão geral, 8, 341-343
Sistema piramidal. *Ver* Via corticospinal
Sistema porta
hepático, 597-600
hipofisial, 510, 512
Sistema respiratório
alterações ao nascimento, 649-650, 763
brônquios principais, 636-637
caso clínico (câncer de pulmão), 650-651
cavidades e membranas pleurais, 643, 646-648
centros respiratórios do encéfalo, 649-650
desenvolvimento, 759, 787-788
envelhecimento e, 650
epitélio, 630-632
funções, 630-631
inferior, 630-631, 634-643, 646
laringe, 634-637
músculos respiratórios, 646-650
pulmões. *Ver* Pulmão
superior, 632-634
traquéia, 636-638
ventilação pulmonar, 646-650
visão geral, 10, 630-631
Sistema respiratório superior, 630-634
Sistema urinário
caso clínico (síndrome hemolítico-urêmica), 709-710
desenvolvimento, 759, 791-792
envelhecimento e, 708
estruturas para transporte, armazenamento e eliminação de urina, 704-708
funções, 694
imagens, 705-706
rins. *Ver* Rim
visão geral, 11, 694-696
Sistemas de órgãos. *Ver também sistemas específicos*
desenvolvimento, 82-83
visão geral, 6-13
Sístole, 561-562
Sístole ventricular, 558, 561
Soalho da pelve, 276, 279-291, 773
Soluções de continuidade da bainha de mielina, 345-346
Soma, 77, 341-342, 344
Somático, 341-342, 344
Somatostatina, 519-520
Somatotropina. *Ver* Hormônio do crescimento
Somitos, 768, 774
Sonolência, 445-446
"Sopradores róseos" (*pink puffers*), 640, 643
Sopro cardíaco, 558, 561, 567-568
Sopro sistólico, 603-604
Soro, 533
Stents coronarianos, 560-562
Subconsciente, 341-342, 344
Subluxação, 207-208, 233-234
Substância branca
bulbo, 415
central, 400-401
cerebelo, 414-415
cérebro, 400-401
definição, 341-342, 344-346
medula espinal, 367-369
mesencéfalo, 411
organização, 389
ponte, 412, 414
Substância cinzenta
bulbo, 415
características, 341-342, 344-346
cerebelo, 414-415
medula espinal, 367-369
mesencéfalo, 411
organização, 389
ponte, 412, 414
Substância fundamental, 61, 64
Substância negra, 410, 411
Substitutos do sangue, 536-537, 543
Substitutos integrais do sangue, 543
Sucessão dental, 666-667
Suco entérico (intestinal), 676-677
Suco gástrico, 673
Suco pancreático, 685-686
Sulco
da costela, costal, 170
maxila
infra-orbital, 148
lacrimonasal, 157
ossos do quadril, obturatório, 184, 186
ossos lacrimais, lacrimal, 150-151, 155
palatino maior, 148, 150
pré-quiasmático, óptico, 147-148
úmero
intertubercular, 176, 179
radial, 176, 179
unha, 102-103
Sulco
cérebro, 387, 389, 396
coronário, 552, 554
Sulco (acidente ósseo), 128
Sulco central do cérebro, 396
Sulco coronário, 552, 554
Sulco da costela, 170
Sulco gengival, 664-666
Sulco infra-orbital, maxila, 148
Sulco intertubercular, úmero, 176, 179
Sulco lacrimal, lacrimal, 150-151, 155
Sulco lacrimonasal, maxila, 157
Sulco lateral, cérebro, 396
Sulco mediano posterior, 362-363
Sulco neural, 774
Sulco obturatório, osso do quadril, 184, 186
Sulco óptico, esfenóide, 147-148
Sulco palatino maior, 148, 150
Sulco parietoccipital, 396
Sulco pulmonar, 787
Sulco radial, úmero, 176, 179
Sulcos ungueais, 102-103
Sulfato de condroitina, 69
Suor, 101-102
Superficial, 15-16, 254-255
Superfície auricular, sacro, 166, 168
Superfície basolateral, epitélio, 53
Superior, 15-16
Supinação, 184, 211-212
Supino, 15
Surdez, 490, 503
Surdez de condução, 490, 503
Surdez neurossensorial, 490, 503
Surfactante, 643, 646-648
Sutura coronal, 135, 142
Sutura escamosa, 135, 142
Sutura frontal, osso frontal, 135, 142, 156
Sutura frontonasal, 135, 142, 148, 150
Sutura lambdóidea, 135, 142
Sutura sagital, 135, 142
Suturas, 135, 142, 206

T

T_3 (tri-iodotironina), 512-513
T_4 (tetraiodotironina), 512-513
Tabagismo
câncer de pulmão e, 643, 646
na gravidez, efeitos fetais, 751
Tálamo, 387, 389, 405-406, 442
Tálipe equinovaro congênito, 200-203
Tálus, 193, 196, 198
Tamponamento cardíaco, 554, 556, 567-568
Taquicardia, 562-564, 567-568
atrial paroxística (TAP), 564
ventricular (TV), 564
Tarso, 196, 198-199, 492-493
Tato protopático e receptores de pressão, 473
Tatuagens, 105
Tay-Sachs, doença de, 447-448
TC helicoidal, 23-24
TC. *Ver* Tomografia computadorizada
TCA (tomografia computadorizada axial), 22-24
Tecido adiposo, 65, 66, 508
Tecido areolar, 64-66
Tecido cicatricial, 104-105
Tecido conectivo, 61-75
classificação, 62
de sustentação, 68-72
denso, 66-68
denso irregular, 68
embrionário, 64, 81
estrutura, 62-64
fáscia, 74-75
frouxo, 64-66
funções, 61-62
líquido, 68
mucoso, 64
próprio, 62-68
Tecido de granulação, 104, 108
Tecido de músculo liso visceral, 657-658
Tecido elástico, 68
Tecido epitelial, 52-61
características, 52
classificação, 55-58
desenvolvimento, 80
especialização, 53-54
funções, 53
glandular, 58-61
manutenção da integridade, 54
Tecido erétil, pênis, 723, 725
Tecido linfático, 616-617
associado à mucosa (TLAM), 616
difuso, 616
Tecido muscular
capacidade de extensão, 238-239
cardíaco. *Ver* Músculo cardíaco
contratilidade. *Ver* Contração muscular
elasticidade, 238-239
esquelético. *Ver* Músculo esquelético
excitabilidade, 238-239
liso. *Ver* Músculo liso
propriedades, 238-239
tipos, 251-253
Tecido neural (nervoso)
comunicação sináptica, 354-356
histologia, 77
impulso nervoso, 353-354
organização celular
neuróglia, 77, 344-349
neurônios, 77, 349-353. *Ver também* Neurônios
visão geral, 341-342, 344-345
regeneração, 352-354

Tecido ósseo. *Ver* Osso
Tecido reticular, 65, 66
Tecidos
  conectivo, 61-72
  definição, 2, 27-28, 52
  desenvolvimento, 79-80
  envelhecimento e, 77
  epitelial, 52-61
  membranas, 72-74
  nutrição e, 7
  tipos primários, 52
  visão geral, 52
Tecidos colagenosos, 66
Tecidos conectivos de sustentação
  cartilagem, 69-71
  definição, 62
  funções, 68
Tecidos conectivos frouxos, 64-66
Tegumento comum
  camada subcutânea, 90, 97-98, 764
  caso clínico (alergia ao látex), 106-108
  controle local da função, 105
  derme. *Ver* Derme
  desenvolvimento, 758, 764-765
  envelhecimento e, 105-107
  epiderme. *Ver* Epiderme
  estrutura e função, 90
  estruturas acessórias, 89, 97-103
  glândulas, 98, 100-103
  pêlos e folículos pilosos, 97-98, 100
  unhas, 102-103
  visão geral, 7, 89
Tela subcutânea, 74, 97-98, 764
Tela submucosa
  esôfago, 668-669
  sistema digestório, 656-658
  traquéia, 636-637
Tela subserosa, 75, 318
Telencéfalo, 387, 389, 777
Telodendros. *Ver* Ramificação terminal
Telófase, 47
Temperatura corporal. *Ver* Termorregulação
Temporal, 145-146, 155-156, 481
Tendão do calcâneo (de Aquiles), 196, 198-199, 309, 311
Tendinite, 292, 324
Tendões
  articulação do ombro, 217, 219
  articulação sinovial, 207-208
  estrutura, 239-240
  histologia, 64, 66-68
Tênias do colo, 676-677
Tensão, 292, 324
Tensão, 64, 117-118, 245-246
Tentório do cerebelo, 391-392
Teofilina, 640, 643
Teoria celular, 27-28
Teoria do filamento deslizante, contração muscular, 245-247
Terapia intraperitoneal, 725, 727
Teratógenos, 751, 796-797
Terceiro trimestre, 749, 757-761
Terceiro ventrículo do cérebro, 389
Terminações nervosas livres, 471
Terminal sináptico, 246-247, 344-345, 350-351
Terminologia muscular, 253-255
Termorreceptores, 473
Termorregulação, 97, 101-103
Teste com ingestão de iodo radioativo (RAIU), 526
Teste de condução óssea, 503
Teste de sensibilidade, 502
Testículos, 715-719, 721
  barreira hematotesticular, 718-719
  descida, 715, 717-718
  desenvolvimento, 794
  estrutura, 718-719
  funções endócrinas, 508, 519-521
  histologia, 718
  posição, 715, 717-718
Testosterona
  crescimento ósseo e, 124-125
  funções, 718
  secreção, 512-513, 519-521
Teto, mesencéfalo, 410, 411
Tetraiodotironina (T_4), 512-513
Tíbia, 193, 196-198, 223, 225
Timo, 508, 513, 515-516, 620, 622-623
Timosina, 515-516
Tímpano. *Ver* Membrana timpânica
Tipos de sangue, 536-539
Tipos de tecidos primários, 52
Tique doloroso (nevralgia do trigêmeo), 421-422, 427-428
Tireócitos C, 513, 515
Tireócitos T, 512-513, 515
Tireoglobulina, 512-513
Tireóide
  anatomia macroscópica, 512-514
  caso clínico (tireoidite de Hashimoto), 524-526
  desenvolvimento, 781
  histologia, 514
  hormônios produzidos, 508, 512-513, 515
  procedimentos diagnósticos, 526
  regulação, 513, 515
  tireócitos C, 513, 515
Tiroxina, 124-125, 512-513, 521, 523
Titina, 244-245
Tolerância ao exercício, envelhecimento e, 256-257
Tomografia computadorizada (TC)
  princípios, 22-24
  sistema endócrino, 526
  sistema urinário, 705-706
Tomografia computadorizada axial (TCA), 22-24
Tono muscular, 249-250
Tonofibrilas, 91-92
Tonsila faríngea (adenóide), 616, 634
Tonsilas, 616, 634
  linguais, 616
  palatinas, 616
Tonsilectomia, 615-616, 626-627
Tonsilite, 617, 626-627
Toracocentese, 170-172, 651-652
Tórax
  anatomia de superfície, 330
  artérias, 583-584
Torção testicular, 742-743
Tornozelo
  anatomia de superfície, 335
  articulação, 187, 193, 225, 228-230
  flexão/extensão, 211-212
  ligamentos, 228-229
  nota clínica, 200-201
  ossos, 196, 198-199
Trabalho de parto e parto, 760-762
Trabalho de parto prematuro, 762-763
Trabéculas aracnóideas, 365
Trabéculas cárneas, 554, 556
Traço falciforme, 537-538
Tracoma, 496
Transecção espinal, 367, 369
Transfusão autológa, 531
Transfusões, 531, 544-545
Transplante de célula-tronco hematológica. *Ver* Transplante de medula óssea
Transplante de medula óssea, 544-545, 620, 622
Transplante renal, 704-705
Transplantes de córnea, 496, 498
Transporte ativo, 32-33
Transporte axoplasmático, 350-351
Transporte de volume, 33
Transposição de grandes vasos, 602
Transudato, 72
Transverso, 254-255
Transverso do abdome, 274, 276, 279
Trapézio, 184
Trapezóide, 184
Traquéia, 636-638
Traqueostomia, 636-637, 651-652
Trato espinocerebelar anterior/posterior, 433, 435-436
Trato espinotalâmico lateral/anterior, 433, 435
Trato iliotibial, 302
Trato respiratório, 630
Trato urinário, 694
Tratos ascendentes, 367, 369
Tratos corticobulbares, 436-438
Tratos corticospinais laterais, 436-438
Tratos corticospinal, anterior/lateral, 436-438
Tratos descendentes, 367, 369, 436-439
Tratos e fascículos
  ascendentes/descendentes, 367, 369
  definição, 341-342, 344, 357-358
  nervo espinal, 309
Tratos espinocerebelares posteriores, 433, 435-436
Tratos espinotalâmicos laterais, 433, 435
Tratos olfatórios, 416, 418
Tratos ópticos, 418-419
Tratos reticulospinais, 437-439
Tratos rubrospinais, 437-439
Tratos tetospinais, 437-439
Tratos vestibulospinais, 437-439, 485-486
Tratotomia, 473
Trauma espinal, 376, 380
Traumatismo craniano, 427-428. *Ver também* Lesão cerebral traumática
Travamento do joelho, 223, 225
Treinamento em intervalos, 251-252
Tremor, 410, 427-428
  de intenção, 414-415
Treponema pallidum, 742-743
Tretinoína, 96
Tríade, 243-244
Tríades portais (áreas portais), 680-681
Trichinella spiralis, 257-258
Tricomoníase, 742-743
Triglicéride, 524
Trígono (região) cervical, anterior/posterior, 328-329
Trígono, 705-706
Trígono anal, 276, 279, 281
Trígono urogenital, 276, 279, 281
Tri-iodotironina (T_3), 512-513
Trimestres, 749-755, 757
Triquinose, 257-258
Trocanter, 128
  fêmur, maior/menor, 187, 193
Tróclea, 128
  do tálus, 196, 198
  do úmero, 176, 179
Trofoblasto, 79, 751-752
Trofoblasto
  celular, 751-752
  sincicial, 751-752
Trombo, 544-545, 565-566, 600, 603-605
Trombocitopenia, 541
Trombocitose, 541
Trombose coronariana, 565-568
Trompa de Eustáquio. *Ver* Tuba auditiva
Tronco
  artérias, 583, 586, 588
  músculos, 289
  vasos linfáticos, 611-613
  veias, 593, 596
Tronco braquiocefálico, 579, 582
Tronco celíaco, 588, 590
Tronco encefálico, 369, 409. *Ver também* Bulbo; Mesencéfalo; Ponte
Tronco lombossacral, plexo sacral, 373, 376
Tronco pulmonar, 556, 558
Tronco tireocervical, 579, 582, 643, 646
Troncos linfáticos, 611-612
Tropomiosina, 244-245
Troponina, 244-245
Tuba auditiva, 145-146, 156, 480, 482, 634
Tuba uterina, 729, 731-733
Túber isquiático, osso do quadril, 184, 186
Túber parietal, 135, 142, 156
Tubérculo, 128
  adutor, 193, 196
  articular, osso temporal, 145, 156
  atlas, anterior/posterior, 164
  clavícula, conóide, 175-176
  conóide, clavícula, 175-176
  da costela, 169
  da sela, 147-148
  escápula, supraglenoidal/infraglenoidal, 176, 179
  fêmur, adutor, 193, 196
  genital, 793-794
  púbico, 184, 186
  temporal, articular, 145, 156
  tíbia, medial/lateral, 193, 196
  úmero, maior/menor, 176, 179
Tuberculose, 651-652
Tuberosidade, 128
  da tíbia, 193, 196
  deltóidea, 176, 179
  do rádio, 179, 181, 184, 219
  fêmur, glútea, 187, 193
  impressão do ligamento costoclavicular, 175-176
  osso do quadril, ilíaca/isquiática, 184, 186
  sacro, sacral, 166, 168
  úmero, deltóidea, 176, 179
Tubo neural, 387, 389, 774-775, 777
Tubulina, 36
Túbulo contorcido distal (TCD), 698-700
Túbulo contorcido proximal (TCP), 698-700, 703
Túbulo de conexão, 698
Túbulo renal, 698
Túbulo reto, testículo, 718
Túbulos coletores, 699-700, 703
Túbulos seminíferos, 718, 720
Túbulos T (túbulos transversos), 240-241, 243, 246-247
Túbulos transversos (túbulos T), 240-241, 243, 246-247
Tumor, 47-49, 78
Tumor benigno, 47-49
Tumor maligno, 47-49

Tumor primário, 78, 84
Tumor secundário, 78, 84
Túnica albugínea
  ovários, 725, 727
  testículos, 718
Túnica fibrosa, olho, 493, 495-496
Túnica média, vasos sangüíneos, 572-573
Túnica muscular, vagina, 735-736
Túnica muscular externa, sistema digestório, 657-658, 668-669
Túnica neural (retina), 496, 498
Túnica serosa (peritônio visceral), 20, 657-660, 662
Túnica vaginal, 715, 717-718
Túnica vascular, olho, 495-496, 498
TX. *Ver* Tiroxina

U

Úlcera, 673
  duodenal, 673
  gástrica, 673
  péptica, 673, 688-689
  perfurada, 573-574
Úlceras de decúbito, 92
Úlceras de decúbito, 92, 108
Ulna, 176, 179, 181, 184-183, 222
Ultra-som, 22-24, 526
Umami, 479-480
Úmero, 176, 179, 181, 184, 222
Unhas
  baqueteamento, 89
  desenvolvimento, 764
  estrutura, 102-103
Unidade motora, 247-249
Ureter, óstio do, 704-705
Ureteres, 694, 704-705
Uretra, 694, 706-708, 722, 792
Uretra, óstio da, 707
Uretrite, 708, 711-712
Urina, 694
Urograma, 697
Urticária, 108
Útero, 725, 727, 729
  anatomia interna, 732-734
  anatomia macroscópica, 732-734
  cânceres do, 732-733
  histologia, 733-735
  irrigação sangüínea, 733-734
  ligamento suspensor, 732-733
  na gravidez, 761
  parede, 733-735
Utrículo, 483, 485-486
Úvula, 634, 662-663

V

Vagina, 725, 727
  anatomia macroscópica, 735-736
  funções, 735-736
  histologia, 736-738
Vaginite bacteriana (não-específica), 742-743
Vale da unha, 102-103
Valva atrioventricular (AV)
  direita (valva tricúspide), 554, 556
  esquerda (valva mitral), 556, 558, 561
Valva bicúspide. *Ver* Valva atrioventricular (AV), esquerda
Valva da aorta, 556, 558
Valva ileocecal, 676-677
Valva mitral (valva atrioventricular esquerda), 556, 558, 567-568
Valva pulmonar, 554, 556
Valva tricúspide, 554, 556
Valvas
  coração, 554, 556, 558, 561
  sistema digestório, 657-658
  vasos linfáticos, 610-611
  venosas, 576-578
Varicosidade, 459-460
Vasectomia, 742-743
Vaso deferente. *Ver* Ducto deferente
Vasoconstrição, 572-573, 575, 577-578
Vasodilatação, 572-573, 575
Vasos de troca. *Ver* Capilares
Vasos dos vasos, 572-573
Vasos epifisiais, 123
Vasos lactíferos, 610-611, 675-676
Vasos linfáticos, 68, 609-613
Vasos linfáticos profundos, 611-612
Vasos linfáticos superficiais, 611-612
Vasos linfáticos terminais, 609-611
Vasos metafisários, 123
Vasos periosteais, 123
Vasos portais, 510, 512
Vasos retos, 700, 703
Vasos sangüíneos. *Ver também* Artérias; Veias
  artérias e veias, 573-574
  circulação pulmonar, 578-579
  circulação sistêmica, 578-600
  distribuição do sangue nos, 577-578
  histologia, 572-574
  visão geral, 578-579
Veia
  arqueada, 694, 696
  axilar, 593, 596
  ázigo, 596-597
  basílica, 593, 596
  braquial, 593, 596
  braquiocefálica (veia inominada), 592-593, 596-597
  cardíaca anterior/magna/média/parva, 558, 561-562
  cardíaca magna, 558, 561
  cardíaca média, 558, 561-562
  cardíaca menor, 561-562
  cardinal, 784
  cava inferior, 554, 556, 596-597
  cava superior, 554, 556, 592-593, 596-598
  cefálica, 593, 596
  central, fígado, 680-681
  cerebral, 592-593
  cerebral magna, 592-593
  circunflexa femoral, 597-599
  circunflexa femoral, 597-599
  cística, 597-599
  cólica, 597-599
  coriônica, 756
  coronária, 554, 556
  cubital, 593, 596
  da retina, 496, 498
  de tamanho médio, 576-577
  digital, 593, 596-599
  direita, 556, 558
  esofágica, 596-598
  esplênica, 597-599, 623-624
  facial, 593, 595
  femoral, 597-599
  fibular, 597-599
  frênica, 597-599
  gástrica, 597-599, 671
  gastromental, 597-599, 671
  glútea, 597-599
  gonadal, 597-599
  hemiázigo, 596-598
  hepática, 597-599, 680-681
  ileocólica, 597-599
  ilíaca interna/externa/comum, 597-599
  inferior, 596-598
  inominada (veia braquiocefálica), 596-597
  intercostal, 596-598
  interlobar, rim, 694, 696
  interlobular, rim, 694, 696
  intermédia do antebraço, 593, 596
  interóssea da perna, 593, 596
  intestinal, 597-599
  jugular interna/externa, 135, 142, 592-593, 595
  lombar, 597-599
  magna, 576-577
  maxilar, 593, 595
  mesentérica inferior, 597-599
  mesentérica inferior/superior, 597-599, 674, 676-677
  mesentérica superior, 597-599
  nutrícia, osso, 123
  obturatória, 597-599
  ovárica, 597-599, 725, 727
  palmar, superficial/profunda, 593, 596
  pancreática, 597-599
  pancreaticoduodenal, 597-599
  plantar, 596-598
  poplítea, 597-599
  porta do fígado, 680-681
  posterior, ventrículo esquerdo, 561-562
  pudenda, 597-599
  pulmonar, 556, 558, 578-579
  radial, 593, 596
  renal, 597-599, 694, 696
  retal, 597-599
  sacral lateral/mediana, 596-598
  safena, 597-599
  safena magna, 597-599
  subcardinal, 784
  subclávia, 593, 595-596
  supra-renal, 597-599
  temporal, 593, 595
  testicular, 597-599, 715
  tibial anterior/posterior, 597-599
  tireóidea, 512-513
  torácica, 596-597
  trabecular, 623-624
  ulnar, 593, 596
  umbilical, 599-600, 755, 757, 784
  varicosa, 604-605
  vertebral, 592-593
Veias
  abdome, 597-599
  cabeça e pescoço, 593, 595
  circulação sistêmica, 590, 592-600
  de tamanho médio, 576-577
  e artérias, 572-574
  encefálicas, 592-593, 595
  fígado, 597-600
  funções, 68, 548, 550
  grandes, 576-577
  histologia, 572-574
  membro inferior, 596-599
  membro superior, 593, 596
  pelve, 597-599
  tronco, 593, 596-598
  valvas venosas, 576-578
  vênulas, 97, 576-577
Veias listadas
  arco venoso, 596-598
  arco venoso dorsal, 597-599
  arco venoso palmar, 593, 596
  arqueada, 694, 696
  axilar, 593, 596
  ázigo, 596-597
  basílica, 593, 596
  braquial, 593, 596
  braquiocefálica (inominada), 592-593, 596-597
  cardíaca, 558, 561-562
  cardinal, 784
  cava inferior, 554, 556, 596-597
  cava superior, 554, 556, 592-593, 596-598
  cefálica, 593, 596
  central, 680-681
  cerebral, 592-593
  circunflexa femoral, 597-599
  cística, 597-599
  cólica, 597-599
  coriônica, 756
  coronária, 554, 556
  cubital, 593, 596
  da retina, 496, 498
  dental, 664-666
  digital, 593, 596-599
  esofágica, 596-598
  esplênica, 597-599, 623-624
  facial, 593, 595
  femoral, 597-599
  fibular, 597-599
  frênica, 597-599
  gástrica, 597-599, 671
  gastromental, 597-599, 671
  glútea, 597-599
  gonadal, 597-599
  hemiázigo, 596-598
  hepática, 597-599, 680-681
  ileocólica, 597-599
  ilíaca, 597-599
  inferior, 596-598
  intercostal, 596-598
  interlobar, rim, 694, 696
  interlobular, rim, 694, 696
  intermédia do antebraço, 593, 596
  interóssea da perna, 593, 596
  jejunal, 597-599
  jugular, 135, 142, 592-593, 595
  lombar, 597-599
  maxilar, 593, 595
  mesentérica, 597-599, 674, 676-677
  obturatória, 597-599
  ovárica, 597-599, 725, 727
  pancreática, 597-599
  pancreaticoduodenal, 597-599
  poplítea, 597-599
  porta do fígado, 680-681
  posterior do ventrículo esquerdo, 561-562
  pudenda, 597-599
  pulmonar, 556, 558, 578-579
  radial, 593, 596
  renal, 597-599, 694, 696
  retal, 597-599
  sacral, 597-599
  safena, 597-599
  subcardinal, 784
  subclávia, 593, 595, 596
  supra-renal, 597-599
  temporal, 593, 595
  testicular, 597-599, 715
  tibial, 597-599
  tireóidea, 512-513
  torácica, 596-597

trabecular, 623-624
ulnar, 593, 596
umbilical, 599-600, 755, 757, 784
vertebral, 592-593
Velo, 98, 100
Velocidade mitótica, 47-49
Ventilação alveolar, 646-648
Ventral, 15-16
Ventre, músculo, 251-252. *Ver também* Corpo
Ventrículo direito, 545-546, 556, 558
Ventrículo esquerdo, 556, 558
Ventrículo lateral, encéfalo, 389
Ventrículos
coração, 548, 550
encéfalo, 389-390
Vênulas, 97, 576-577
Verme do cerebelo, 412, 414
Vértebra proeminente, 164
Vertebrados, 3
Vértebras, 161-163
Vértebras cervicais, 158-161, 163-164
Vértebras coccígeas, 158-161, 166, 168
Vértebras lombares, 158-161, 163-164, 166-167
Vértebras sacrais, 158-161
Vértebras torácicas, 158-161, 163-164, 166
Vertigem, 487, 503
Vesícula, 108
Vesícula biliar, 682-685
Vesículas de secreção, 41-43
Vesículas de transferência, 41-43
Vesículas de transporte, 40-41
Vesículas encefálicas, 387, 389, 777
Vesículas ópticas, 779
Vesículas revestidas, 33-34
Vesículas sinápticas, 246-247
Vestíbulo
cavidade oral, 662-663
genitália feminina, 735-736
orelha interna, 483, 486
veia, 736-738
Vestíbulo do nariz, 632
Via corticospinal, 396, 398, 400, 436-438
Via da coluna posterior, 432, 434-435
Via espinocerebelar, 433, 435-436
Via espinotalâmica, 433-435
Via medial, 437-439
Vias, 341-342, 344, 357-358. *Ver também* Vias motoras; Vias sensoriais
Vias ascendentes. *Ver* Vias sensitivas
Vias auditivas, 490-492
Vias descendentes. *Ver* Vias motoras
Vias gustativas, 479-480
Vias motoras
controle motor somático, 440-442
papel do cerebelo, 439-440
papel dos núcleos da base, 439-440
sistema nervoso autônomo, 435-437
sistema nervoso central, 435-437
via corticospinal, 436-438
visão geral, 357-358
Vias olfatórias, 477-479
Vias sensitivas
auditiva, 490-492
gustatória, 479-480
olfatória, 477-479
sistema do funículo posterior, 432, 434-435
vestibular, 485-486
via espinocerebelar, 433, 435-436
via espinotalâmica, 433- 435
visão geral, 357-358, 432, 434
visual, 499-501
Vias vestibulares, 485-486
Vias visuais, 499-500
Vibrissas, 632
Vigilância imunológica, 614
Vilosidades coriônicas, 755, 757
Vilosidades intestinais, 674
Vilosidades primárias, 751-752
Vírus Epstein-Barr (VEB), 620, 622

Visão. *Ver também* Olho
desenvolvimento, 758, 779
integração cortical, 500
tronco encefálico na, 500
vias visuais, 499-501
Víscera, 18
Visceral, 341-342, 344
Viscosidade, 532
Visible Human Project, 18
Vitamina B_{12}, 543
Vitamina D
deficiência, 117-118
envelhecimento e, 106-107
no crescimento ósseo, 124-125
radiação ultravioleta e, 94-95
Vocabulário anatômico, 12-20
Volume globular (VG), 534-535
Voluntário, 341-342, 344
Vômer, 150-151, 157
Vulva, 736-738

X

Xeromamograma, 739-740
Xerose, 92, 108

Z

Zigomático, 145, 150-151, 155, 157
Zigoto, 79, 715, 748
Zona de sobreposição, 243-244
Zona fasciculada, glândula supra-renal, 516-518
Zona glomerulosa, glândula supra-renal, 515-518
Zona pelúcida, 730-731
Zona reticular, glândula supra-renal, 516-518
Zônula de adesão (cinta de adesão), 44-45
Zumbido, 502